

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ,
МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

Кафедра прикладной и компьютерной оптики

Л.М.Еськова, Е.В.Кривопустиова

Оптические измерения

Задачник



Санкт-Петербург
2005

Еськова Л.М., Кривопустиова Е.В. Оптические измерения.
Задачник. – СПб: СпбГУИТМО, 2005. - 111 с.

Задачник охватывает большую часть курса «Оптические измерения», относящегося к базисным дисциплинам направления «Опготехника».

Задачник предназначен для практических занятий по курсу и для самостоятельной работы студентов при подготовке к лабораторным работам и при изучении лекционного материала.

© Санкт-Петербургский государственный университет
информационных технологий, механики и оптики,
2005

© Л.М.Еськова, Е.В.Кривопустиова, 2005

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
1. УВЕЛИЧЕНИЕ, ПОЛЯ И АПЕРТУРЫ.....	5
1.1. Увеличение и апертуры оптических систем измерительных приборов.....	5
1.2. Увеличение и поля оптических систем измерительных приборов.....	8
2. ПРОДОЛЬНЫЕ И ПОПЕРЕЧНЫЕ СМЕЩЕНИЯ В ОПТИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРАХ. КАНОНИЧЕСКИЕ ЕДИНИЦЫ. ВОЛНОВАЯ МЕРА.....	11
2.1. Поперечные смещения и отрезки	11
2.2. Продольные смещения и отрезки	12
2.3. Изменение увеличения при продольных смещениях.....	21
3. ДИФРАКЦИОННЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ТОЧКИ И ЛИНИИ. РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ	25
3.1. Размеры дифракционных изображений точки и линии	25
3.2. Разрешающая способность	27
3.3. Освещенность в дифракционном изображении точки и линии. Контраст изображения штрихов и щелей	29
4. ШИРИНА ШТРИХОВ СЕТОК И ШКАЛ. РАЗМЕРЫ СВЕЯЩИХСЯ ЩЕЛЕЙ.....	32
5. СЛУЧАЙНАЯ ПОГРЕШНОСТЬ (ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ) НАВЕДЕНИЯ	35
5.1. Чувствительность устройств наведения.....	35
5.2. Выбор оптики устройств наведения	40
5.3. Расчеты механических параметров по случайной погрешности наведения.....	41
5.4. Чувствительность установки коллиматоров и зрительных труб на бесконечность.....	43
6. ПОГРЕШНОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА	47
6.1. Погрешности разных узлов и деталей измерительного прибора.....	47
6.2. Оптические микрометры (компенсаторы)	50
7. ИЗМЕРЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРЕЛОМЛЕНИЯ.....	52
8. ИЗМЕРЕНИЕ ТОЛЩИН ЛИНЗ И ДРУГИХ ПРОДОЛЬНЫХ ОТРЕЗКОВ	58
9. ИЗМЕРЕНИЕ РАДИУСОВ КРИВИЗНЫ ОПТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ	61
10. КОНТРОЛЬ ДЕЦЕНТРИРОВКИ ЛИНЗ	66
11. КОНТРОЛЬ ФОРМЫ И КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ	67
12. ИЗМЕРЕНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК	69
13. ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВЫХ ВЕЛИЧИН	72
14. ИЗМЕРЕНИЕ СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗРИТЕЛЬНЫХ ТРУБ И МИКРОСКОПОВ.....	81
15. ИЗМЕРЕНИЕ СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТООБЪЕКТИВОВ	82
16. ИЗМЕРЕНИЕ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	87
17. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ «ПО ЗВЕЗДЕ»	91
18. ИЗМЕРЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	93
Приложение 1. УВЕЛИЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ. ПРОДОЛЬНЫЕ И ПОПЕРЕЧНЫЕ РАЗМЕРЫ В РЕАЛЬНЫХ ЕДИНИЦАХ. МАЛЫЕ РАЗМЕРЫ В ВОЛНОВОЙ МЕРЕ И В КАНОНИЧЕСКИХ ЕДИНИЦАХ.....	95
Приложение 2. РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ГЛАЗА	99
Приложение 3. КОНТРАСТ ИЗОБРАЖЕНИЯ ТОНКИХ ШТРИХОВ И СВЕЯЩИХСЯ ЩЕЛЕЙ	101
ЛИТЕРАТУРА.....	107

ПРЕДИСЛОВИЕ

Сборник задач предназначен для студентов, изучающих дисциплину «Оптические измерения» как базовую по направлению «Оптехника». Включенные в него задачи могут быть разделены на теоретические и практические. Темы 1 – 5 относятся одновременно к теории оптических систем и к теории оптических измерений. Темы 6 – 18 посвящены изучению конкретных методов измерений и расположены в порядке их изложения в курсе «Оптические измерения». Задачник охватывает практически весь курс «Оптические измерения», за исключением прежде всего тем, связанных с контролем качества изображения современными методами.

Первый задачник такого рода был составлен проф. Захарьевским А.Н., затем он дополнялся и модернизировался преподавателями дисциплины: проф. Погаревым Г.В., доц. Пороховой Т.Г., доц. Лившицем Э.М. Последнее издание задачника относится к 1979 году и содержит ряд задач, потерявших актуальность к настоящему времени. Предлагаемый сборник задач включает в себя труды предыдущих авторов, а также содержит более 100 новых задач по разным темам курса. В частности, новой является почти вся теоретическая часть задачника, расширены темы, посвященные визуальному контролю качества изображения оптических систем разного типа, и некоторые другие темы. В задачник входит также небольшой теоретический материал, размещенный в приложении.

Практические занятия по решению задач составляют значительную часть работы по изучению курса «Оптические измерения». Решение задач можно также рекомендовать для самостоятельной работы студентов при подготовке к лабораторным работам и при изучении лекционного материала.

1. УВЕЛИЧЕНИЕ, ПОЛЯ И АПЕРТУРЫ

1.1. Увеличение и апертуры оптических систем измерительных приборов

1. Найти диаметр выходного зрачка и апертуру в пространстве сетки зрительной трубы, если диаметр входного зрачка равен D , фокусное расстояние объектива равно f' , а видимое увеличение зрительной трубы равно Γ .

- a) $D=50\text{мм}$, $f'=500\text{мм}$, $\Gamma=10^{\times}$;
- b) $D=40\text{мм}$, $f'=300\text{мм}$, $\Gamma=20^{\times}$;
- c) $D=60\text{мм}$, $f'=600\text{мм}$, $\Gamma=20^{\times}$.

2. Чему равен диаметр выходного зрачка сложной зрительной трубы, составленной из объектива с фокусным расстоянием f' , оборачивающей системы с увеличением β и окуляра с видимым увеличением Γ , если диаметр входного зрачка равен D ?

- a) $f'=500\text{мм}$, $\beta=-2^{\times}$, $\Gamma=20^{\times}$, $D=50\text{мм}$;
- b) $f'=200\text{мм}$, $\beta=-1^{\times}$, $\Gamma=20^{\times}$, $D=40\text{мм}$;
- c) $f'=300\text{мм}$, $\beta=-0,5^{\times}$, $\Gamma=15^{\times}$, $D=30\text{мм}$.

3. Чему равна задняя апертура фотообъектива, если фокусное расстояние объектива равно f' , а диафрагменное число равно K ?

- a) $f'=100\text{мм}$, $K=2$;
- b) $f'=50\text{мм}$, $K=2,5$;
- c) $f'=200\text{мм}$, $K=3$.

4. Для съемки в большом масштабе впереди фотообъектива с фокусным расстоянием 50мм поместили зрительную трубу с увеличением Γ и диаметром объектива 40мм. С каким диафрагменным числом будет работать полученная система, если диафрагменное число фотообъектива равно 2?

- a) $\Gamma=2,5^{\times}$;
- b) $\Gamma=4^{\times}$;
- c) $\Gamma=8^{\times}$.

5. Найти диаметр выходного зрачка микроскопа, если видимое увеличение микроскопа равно Γ , увеличение объектива равно β , а передняя апертура равна A .

- a) $\Gamma=-600^{\times}$, $\beta=-40^{\times}$, $A=0,6$;

- b) $\Gamma = -800^{\times}$, $\beta = -40^{\times}$, $A = 0,65$;
 c) $\Gamma = -500^{\times}$, $\beta = -20^{\times}$, $A = 0,4$.
6. Вычислить диаметр выходного зрачка сложного микроскопа, составленного из объектива с увеличением β_1 , оборачивающей системы с увеличением β_2 и окуляра с видимым увеличением Γ , если передняя апертура равна A .
- a) $\beta_1 = -20^{\times}$, $\beta_2 = -1^{\times}$, $\Gamma = 20^{\times}$, $A = 0,4$;
 b) $\beta_1 = -10^{\times}$, $\beta_2 = -2^{\times}$, $\Gamma = 15^{\times}$, $A = 0,3$;
 c) $\beta_1 = -40^{\times}$, $\beta_2 = -0,5^{\times}$, $\Gamma = 10^{\times}$, $A = 0,6$.
7. Найти заднюю апертуру объектива микроскопа, если передняя апертура равна A , а линейное увеличение объектива равно β .
- a) $A = 0,2$, $\beta = -10^{\times}$;
 b) $A = 0,4$, $\beta = -20^{\times}$;
 c) $A = 0,3$, $\beta = -10^{\times}$.
8. Вычислить заднюю апертуру окуляра, если передняя апертура равна A , а видимое увеличение окуляра равно Γ .
- a) $A = 0,02$, $\Gamma = 15^{\times}$;
 b) $A = 0,1$, $\Gamma = 10^{\times}$;
 c) $A = 0,05$, $\Gamma = 20^{\times}$.
9. Для работы с конечного расстояния впереди зрительной трубы с увеличением Γ поместили лупу с увеличением Γ_L диаметром 50мм. Найти переднюю апертуру полученной системы, если диаметр выходного зрачка зрительной трубы равен D' .
- a) $\Gamma_L = 5^{\times}$, $\Gamma = 20^{\times}$, $D' = 2\text{мм}$;
 b) $\Gamma_L = 3^{\times}$, $\Gamma = 10^{\times}$, $D' = 4\text{мм}$;
 c) $\Gamma_L = 2,5^{\times}$, $\Gamma = 8^{\times}$, $D' = 5\text{мм}$.
10. Для работы с конечного расстояния впереди фотообъектива с фокусным расстоянием f' поместили лупу с увеличением Γ и диаметром 50мм. Найти переднюю апертуру полученной системы, если диафрагменное число фотообъектива равно K .
- a) $f' = 100\text{мм}$, $\Gamma = 5^{\times}$, $K = 2$;
 b) $f' = 50\text{мм}$, $\Gamma = 8^{\times}$, $K = 2$;
 c) $f' = 30\text{мм}$, $\Gamma = 10^{\times}$, $K = 3$.
11. Для фотографирования изображения с большим увеличением позади микроскопа с увеличением Γ и передней апертурой A

поставили фотообъектив с фокусным расстоянием 30мм. Чему равна апертура полученной системы в пространстве предметов, если диафрагменное число фотообъектива равно 2?

- a) $\Gamma=75^x$, $A=0,3$;
- b) $\Gamma=100^x$, $A=0,3$;
- c) $\Gamma=150^x$, $A=0,4$.

12. Для изменения увеличения микроскопа с тубусом бесконечность позади объектива с $f^*=23\text{мм}$ и апертурой $A=0,2$ поставили трубку поворотную трубку Галилея с увеличением Γ . Как изменятся передняя и задняя апертуры микроскопа при работе трубки в прямом и обратном ходе? Диаметр выходного зрачка микроскопа без трубки равен 1мм.

- a) $\Gamma=2,5^x$;
- b) $\Gamma=2^x$;
- c) $\Gamma=1,6^x$.

13. Найти действующий размер входного зрачка телескопической системы, работающей совместно с глазом, если диаметр зрачка глаза равен 3мм, а параметры объектива и окуляра имеют следующие значения:

- a) $D=40\text{мм}$, $f'_{об}=160\text{мм}$, $f'_{ок}=20\text{мм}$;
- b) $D=24\text{мм}$, $f'_{об}=120\text{мм}$, $f'_{ок}=20\text{мм}$;
- c) $D=60\text{мм}$, $f'_{об}=600\text{мм}$, $f'_{ок}=20\text{мм}$.

14. Освещение микроскопов малого увеличения может осуществляться с помощью матового экрана либо непосредственно, либо с дополнительным вогнутым осветительным зеркалом. Какой способ освещения следует выбрать для микроскопа, имеющего объектив с увеличением β и апертурой A , если экран расположен на расстоянии 300мм от предметной плоскости и имеет размер 30ммх30мм? Размер изображения на сетке микроскопа равен 12мм.

- a) $\beta=5^x$, $A=0,15$;
- b) $\beta=3,7^x$, $A=0,11$;
- c) $\beta=2^x$, $A=0,05$.

1.2. Увеличение и поля оптических систем измерительных приборов

15. Определить величину углового поля зрительной трубы в пространстве предметов и величину линейного поля в пространстве сетки, если угловое поле в пространстве изображений равно $2\omega'$, фокусное расстояние объектива равно f' , а видимое увеличение трубы равно Γ .

- a) $2\omega' = 70^\circ, f' = 400\text{мм}, \Gamma = -30^{\times}$;
- b) $2\omega' = 60^\circ, f' = 500\text{мм}, \Gamma = -20^{\times}$;
- c) $2\omega' = 50^\circ, f' = 300\text{мм}, \Gamma = -25^{\times}$.

16. Определить угловое поле объектива зрительной трубы, если фокусное расстояние объектива равно f' , а линейное поле в пространстве изображений равно $2y'$.

- a) $f' = 500\text{мм}, 2y' = 20\text{мм}$;
- b) $f' = 300\text{мм}, 2y' = 25\text{мм}$;
- c) $f' = 400\text{мм}, 2y' = 20\text{мм}$.

17. После зрительной трубы с увеличением Γ_1 поместили вторую зрительную трубу с увеличением Γ_2 . Обе трубы имеют одинаковое угловое поле на выходе, равное 60° . Определить угловое поле на входе полученной системы.

- a) $\Gamma_1 = -20^{\times}, \Gamma_2 = -5^{\times}$;
- b) $\Gamma_1 = -10^{\times}, \Gamma_2 = -5^{\times}$;
- c) $\Gamma_1 = -50^{\times}, \Gamma_2 = -10^{\times}$.

18. Определить угловое поле на выходе сложной зрительной трубы, составленной из объектива с фокусным расстоянием f' , оборачивающей системы с увеличением β и окуляра с видимым увеличением Γ , если на входе оно составляет величину 2ω .

- a) $f' = 200\text{мм}, \beta = -2^{\times}, \Gamma = 20^{\times}, 2\omega = 6^\circ$;
- b) $f' = 200\text{мм}, \beta = -2^{\times}, \Gamma = 10^{\times}, 2\omega = 5^\circ$;
- c) $f' = 300\text{мм}, \beta = -1^{\times}, \Gamma = 15^{\times}, 2\omega = 3^\circ$.

19. Размер кадра фотоаппарата равен 24x36, фокусное расстояние объектива равно f' . Найти угловое поле в пространстве предметов.

- a) $f' = 50\text{мм}$;
- b) $f' = 100\text{мм}$;

с) $f^* = 200\text{мм}$.

20. Для съемки в большом масштабе впереди фотообъектива с фокусным расстоянием 50мм поместили зрительную трубу с увеличением Γ и угловым полем 2ω . С каким полем в пространстве изображений будет работать полученная система, если размер кадра равен 24х36?

а) $\Gamma = 2,5^x$, $2\omega = 12^\circ$;

б) $\Gamma = 4^x$, $2\omega = 10^\circ$;

с) $\Gamma = 8^x$, $2\omega = 8^\circ$.

21. Найти угловое поле окуляра с видимым увеличением Γ , если линейное поле составляет величину $2y$.

а) $2y = 15\text{мм}$, $\Gamma = 20^x$;

б) $2y = 10\text{мм}$, $\Gamma = 25^x$;

с) $2y = 20\text{мм}$, $\Gamma = 10^x$.

22. Для работы с конечного расстояния впереди зрительной трубы с увеличением Γ и угловым полем в пространстве изображений равным 72° поместили лупу с увеличением $\Gamma_{\text{л}}$ и угловым полем 40° . Чему равно линейное поле полученной системы в пространстве предметов?

а) $\Gamma_{\text{л}} = 8^x$, $\Gamma = 20^x$;

б) $\Gamma_{\text{л}} = 5^x$, $\Gamma = 15^x$;

с) $\Gamma_{\text{л}} = 3^x$, $\Gamma = 10^x$.

23. Для работы с конечного расстояния впереди фотообъектива с фокусным расстоянием 50мм и размером кадра 24х36 поместили лупу с увеличением Γ и угловым полем 40° . Чему равно поле полученной системы в пространстве предметов?

а) $\Gamma = 3^x$;

б) $\Gamma = 5^x$;

с) $\Gamma = 10^x$.

24. Определить угловое поле в пространстве изображений сложного микроскопа, составленного из объектива с увеличением β_1 , оборачивающей системы с увеличением β_2 и окуляра с видимым увеличением Γ , если линейное поле в пространстве предметов равно $2y$.

а) $\beta_1 = -8^x$, $\beta_2 = -1^x$, $\Gamma = 15^x$, $2y = 4\text{мм}$;

б) $\beta_1 = -10^x$, $\beta_2 = -2^x$, $\Gamma = 20^x$, $2y = 3\text{мм}$;

с) $\beta_1 = -5^x$, $\beta_2 = -3^x$, $\Gamma = 20^x$, $2y = 8\text{мм}$.

25. Рассчитать размер изображения, создаваемого микроскопом в пространстве сетки и в пространстве изображений, если увеличение объектива равно β , видимое увеличение микроскопа равно Γ , а размер предмета равен $2y$.

- а) $\beta = -20^x$, $\Gamma = -200^x$, $2y = 1\text{мм}$;
- б) $\beta = -8^x$, $\Gamma = -100^x$, $2y = 2\text{мм}$;
- с) $\beta = -10^x$, $\Gamma = -200^x$, $2y = 1,5\text{мм}$.

26. Для фотографирования изображения с большим увеличением после микроскопа с увеличением Γ поставили фотообъектив с фокусным расстоянием 50мм и вынесенным вперед зрачком. Чему равен размер поля в пространстве предметов и изображений полученной системы, если размер кадра фотообъектива равен 24x36, а угловое поле микроскопа не превышает 40° ?

- а) $\Gamma = 75^x$,
- б) $\Gamma = 100^x$,
- с) $\Gamma = 150^x$.

27. Найти величину линейного поля в пространстве предметов объектива микроскопа с тубусом бесконечность, если линейное поле после тубусной линзы с фокусным расстоянием 200мм равно $2y'$, а фокусное расстояние объектива равно f' .

- а) $2y' = 20\text{мм}$, $f' = 25\text{мм}$;
- б) $2y' = 18\text{мм}$, $f' = 20\text{мм}$;
- с) $2y' = 15\text{мм}$, $f' = 10\text{мм}$.

28. Телескопический прибор с ЭОПом (рис.1) должен иметь увеличение Γ . Определить диаметр фотокатода, фокусное расстояние объектива и полевые углы в пространстве предметов и изображений, если увеличение ЭОПа равно $-0,8^x$, диаметр экрана $D'_3 = 20\text{мм}$ и $f'_{ок} = 40\text{мм}$.

- а) $\Gamma = 20^x$;
- б) $\Gamma = 10^x$;
- с) $\Gamma = 12^x$.

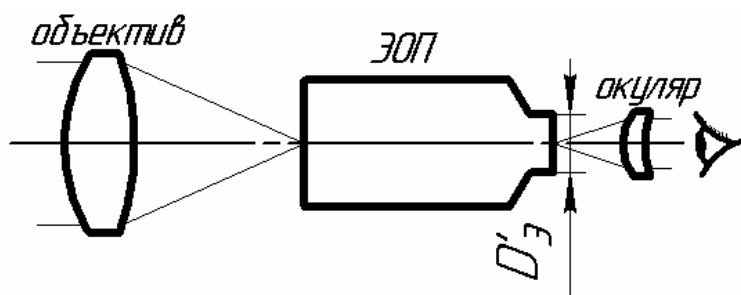


Рис. 1.

2. ПРОДОЛЬНЫЕ И ПОПЕРЕЧНЫЕ СМЕЩЕНИЯ В ОПТИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРАХ. КАНОНИЧЕСКИЕ ЕДИНИЦЫ. ВОЛНОВАЯ МЕРА

Примечание. См. приложение 1.

2.1. Поперечные смещения и отрезки

29. Погрешность измерения поперечных отрезков составляет 0,01мм на сетке микроскопа. Чему равна она в пространстве предметов и за окуляром, если увеличение объектива микроскопа равно β , а видимое увеличение окуляра равно Γ ?

- а) $\beta=10^x, \Gamma=10^x$;
- б) $\beta=20^x, \Gamma=10^x$;
- с) $\beta=8^x, \Gamma=20^x$.

30. Погрешность измерения поперечных отрезков равна 1мм в пространстве предметов микроскопа. Чему она равна в пространстве сетки и за окуляром, если увеличение объектива равно β , а видимое увеличение окуляра равно 10^x ?

- а) $\beta=8^x$,
- б) $\beta=10^x$,
- с) $\beta=20^x$.

31. На сколько сместится изображение на сетке зрительной трубы с фокусным расстоянием объектива f' и видимым увеличением окуляра 10^x , если объект, находящийся на расстоянии 100 метров, сместился на

величину 2 метра в поперечном направлении? Чему равно смещение за окуляром зрительной трубы?

- a) $f'=1000\text{мм}$;
- b) $f'=500\text{мм}$;
- c) $f'=250\text{мм}$.

32. Погрешность измерения углов с помощью теодолита равна $\Delta\omega$. Чему она равна в пространстве сетки и после окуляра, если фокусное расстояние объектива равно f' , а видимое увеличение окуляра равно 10^x ?

- a) $\Delta\omega=5''$, $f'=250\text{мм}$;
- b) $\Delta\omega=2''$, $f'=300\text{мм}$;
- c) $\Delta\omega=10''$, $f'=200\text{мм}$.

33. Глаз чувствует изменение волнового фронта величиной N длин волн при диаметре зрачка D . Какое угловое смещение чувствует глаз при этом зрачке?

- a) $N=0,25$, $D=2\text{мм}$;
- b) $N=0,25$, $D=1\text{мм}$;
- c) $N=0,7$, $D=5\text{мм}$.

2.2. Продольные смещения и отрезки

34. Насколько и в какую сторону сместится изображение в пространстве сетки и в пространстве изображений микроскопа, если весь микроскоп придвинули к объекту на $0,01\text{мм}$? Увеличение объектива микроскопа равно β , видимое увеличение окуляра равно 10^x .

- a) $\beta=-10^x$
- b) $\beta=-20^x$,
- c) $\beta=-8^x$.

35. Микроскоп имеет объектив с увеличением $\beta=8^x$, сетку и окуляр с видимым увеличением Γ . На какое расстояние и в какую сторону сместится изображение относительно сетки и относительно выходного зрачка микроскопа, если объект отодвинуть от микроскопа на $0,1\text{мм}$?

- a) $\Gamma=7^x$,
- b) $\Gamma=10^x$,
- c) $\Gamma=15^x$.

36. Резкость изображения в микроскопе была восстановлена за счет увеличения длины тубуса на 1мм. Чему равнялось смещение объекта, вызвавшее нерезкость, если видимое увеличение микроскопа равно Γ , а видимое увеличение окуляра равно 10^x ?

- a) $\Gamma=100^x$,
- b) $\Gamma=200^x$,
- c) $\Gamma=400^x$.

37. Погрешность измерения продольных отрезков с помощью микроскопа равна 0,01мм в пространстве предметов. Чему она равна в пространстве сетки и за окуляром, если видимое увеличение микроскопа равно Γ , а увеличение объектива равно -8^x ?

- a) $\Gamma=-80^x$;
- b) $\Gamma=-120^x$;
- c) $\Gamma=-160^x$.

38. Имеется микроскоп с видимым увеличением Γ . Определить глубину резкости в пространстве предметов, если объем аккомодации глаза наблюдателя равен $(0 \div -5)$ дптр.

- a) $\Gamma=-100^x$;
- b) $\Gamma=-70^x$;
- c) $\Gamma=-200^x$.

39. Найти глубину пространства, которое может восприниматься резко за счет аккомодации глаза при наблюдении через лупу с видимым увеличением Γ .

- a) $\Gamma=10^x$;
- b) $\Gamma=7^x$;
- c) $\Gamma=25^x$.

40. Рассчитать диоптрийную подвижку окуляра с видимым увеличением Γ , обеспечивающую сходимость пучков за окуляром ± 5 дптр.

- a) $\Gamma=10^x$;
- b) $\Gamma=20^x$;
- c) $\Gamma=7^x$.

41. Хватит ли диоптрийной подвижки окуляра для компенсации миопии наблюдателя, равной -5 дптр., если фокусное расстояние

окуляра равно f' , а смещение окуляра относительно сетки составляет $\pm 2\text{мм}$?

- a) $f' = 30\text{мм}$;
- b) $f' = 20\text{мм}$;
- c) $f' = 10\text{мм}$.

42. Погрешность измерения сходимости пучков с помощью диоптрийной трубки равна $0,05\text{дптр}$. Определить расстояние между штрихами продольной шкалы диоптрийной трубки, если измерение производится путем смещения объектива, а цена деления шкалы в два раза больше величины погрешности. Фокусное расстояние объектива диоптрийной трубки равно f' .

- a) $f' = 70\text{мм}$,
- b) $f' = 80\text{мм}$,
- c) $f' = 100\text{мм}$.

43. Рассчитать, насколько и в какую сторону сместится изображение в пространстве сетки зрительной трубы с фокусным расстоянием объектива f' и видимым увеличением окуляра 10^x , если объект переместился из бесконечности на расстояние t от объектива? Чему равно смещение изображения за окуляром? Какую подвижку необходимо предусмотреть для устранения дефокусировки?

- a) $f' = 250\text{мм}$, $t = 20\text{м}$;
- b) $f' = 300\text{мм}$, $t = 40\text{м}$;
- c) $f' = 500\text{мм}$, $t = 50\text{м}$.

44. На каком расстоянии от зрительной трубы находился объект, если для фокусировки на него сетку вместе с окуляром пришлось отодвинуть от объектива на 1мм по отношению к их положению при настройке на бесконечность? Чему равнялась сходимость пучков за окуляром, вызванная расфокусировкой? Фокусное расстояние объектива равно f' , а видимое увеличение окуляра равно Γ .

- a) $f' = 300\text{мм}$, $\Gamma = 15^x$;
- b) $f' = 250\text{мм}$, $\Gamma = 10^x$;
- c) $f' = 500\text{мм}$, $\Gamma = 20^x$.

45. Погрешность измерения продольных отрезков в пространстве сетки зрительной трубы с увеличением Γ равна $0,1\text{мм}$. Чему она равна в пространстве предметов и в пространстве изображений, если фокусное расстояние объектива равно f' ?

- a) $\Gamma=10^x, f'=250\text{мм};$
- b) $\Gamma=20^x, f'=300\text{мм};$
- c) $\Gamma=25^x, f'=500\text{мм}.$

46. Расстояние от зрительной трубы до объекта можно измерить с помощью диоптрийной шкалы окуляра. Чему равно это расстояние, если отсчет по шкале равен $\Delta z'$, фокусное расстояние объектива равно $f'_{об}$, а фокусное расстояние окуляра 25мм?

- a) $\Delta z'=-2\text{дптр}, f'_{об}=250\text{мм};$
- b) $\Delta z'=-3\text{дптр}, f'_{об}=300\text{мм};$
- c) $\Delta z'=-5\text{дптр}, f'_{об}=500\text{мм}.$

47. Найти протяженность пространства, наблюдаемого резко через зрительную трубу благодаря аккомодационной способности глаза. Фокусное расстояние объектива зрительной трубы равно f' , видимое увеличение окуляра равно Γ . Труба настроена на бесконечность и не может быть перефокусирована.

- a) $f'=250\text{мм}, \Gamma=20^x;$
- b) $f'=500\text{мм}, \Gamma=7^x;$
- c) $f'=200\text{мм}, \Gamma=10^x.$

48. Найти протяженность пространства, наблюдаемого резко через зрительную трубу, благодаря аккомодационной способности глаза. Фокусное расстояние объектива зрительной трубы равно f' , видимое увеличение окуляра равно 10^x . Труба наведена на расстояние 5м и не может быть перефокусирована.

- a) $f'=250\text{мм};$
- b) $f'=500\text{мм};$
- c) $f'=200\text{мм}.$

49. Окуляр зрительной трубы не имеет диоптрийной подвижки. Видимое увеличение окуляра равно Γ . На какое расстояние и в какую сторону следует сместить сетку относительно переднего фокуса окуляра, для того чтобы она изображалась на удобном для наблюдателя расстоянии равном -4дптр ? Можно ли пользоваться фокусировочной шкалой зрительной трубы после этого смещения?

- a) $\Gamma=7^x;$
- b) $\Gamma=10^x;$
- c) $\Gamma=20^x.$

50. Трубка бинокля с увеличением $\Gamma=2,5^x$ не имеет ни фокусирующей, ни диоптрийной подвижки. На каком расстоянии от нее могут находиться предметы, видимые резко за счет аккомодации глаза наблюдателя, равной $(L_1 \div L_2)$ дптр?

- a) $(L_1 \div L_2) = (0 \div -4)$ дптр;
- b) $(L_1 \div L_2) = (0 \div -7)$ дптр;
- c) $(L_1 \div L_2) = (-3 \div -10)$ дптр.

51. Окуляры бинокля с видимым увеличением Γ имеют фокусировку в пределах ± 5 дптр и не имеют диоптрийной подвижки. Глаз наблюдателя может аккомодировать от 0 до -4 дптр. Рассчитать наименьшее расстояние, на котором предметы доступны для наблюдения.

- a) $\Gamma=2,5^x$;
- b) $\Gamma=4^x$;
- c) $\Gamma=3^x$.

52. Две зрительные трубы с увеличением Γ_1 и Γ_2 помещены одна за другой. Хватит ли диоптрийной подвижки второй трубы, равной ± 5 дптр, для фокусировки на объект, находящийся на расстоянии 50 метров?

- a) $\Gamma_1=-8^x, \Gamma_2=5^x$;
- b) $\Gamma_1=-10^x, \Gamma_2=-10^x$;
- c) $\Gamma_1=-20^x, \Gamma_2=4^x$.

53. Для съемки в крупном масштабе впереди фотообъектива с фокусным расстоянием 50мм поместили телескопическую систему с увеличением Γ . Достаточно ли фокусирующей подвижки фотообъектива, составляющей 2мм, для съемки объектов, находящихся на расстоянии 5м?

- a) $\Gamma=-10^x$;
- b) $\Gamma=-20^x$;
- c) $\Gamma=-8^x$.

54. После зрительной трубы с увеличением -10^x поместили трубку бинокля с увеличением Γ . Чему равна сходимости пучков позади окуляра трубки бинокля, если зрительная труба сфокусирована на объект, расположенный на расстоянии 50м?

- a) $\Gamma=4^x$;
- b) $\Gamma=2,5^x$;

с) $\Gamma = -8^x$.

55. Для съемки микрообъектов используют объектив микроскопа с тубусом бесконечность и фокусным расстоянием 20мм, после которого помещена фотокамера, имеющая объектив с фокусным расстоянием f' . Механизм фокусировки фотообъектива имеет диапазон $\pm 1,5$ мм. Определить глубину изображаемого пространства.

а) $f' = 200$ мм;

б) $f' = 50$ мм;

с) $f' = 35$ мм.

56. Для фотосъемки используют перевернутый микроскоп с видимым увеличением Γ . Какой диапазон фокусировки полученной оптической системы необходим для фотографирования объектов, находящихся на расстоянии от ∞ до -25 мм от входного зрачка полученной системы?

а) $\Gamma = -80^x$;

б) $\Gamma = -100^x$;

с) $\Gamma = -150^x$.

57. Диоптрийная шкала окуляра бинокля имеет диапазон ± 6 дптр и погрешность $\pm 0,2$ дптр. На какое расстояние и с какой погрешностью необходимо смещать окуляр относительно сетки, если фокусное расстояние окуляра равно f ?

а) $f' = 20$ мм;

б) $f' = 10$ мм;

с) $f' = 30$ мм.

58. Имеется проекционная система, составленная из объектива микроскопа с увеличением β и проекционного объектива с увеличением -10^x . Определить, какое продольное смещение изображения относительно экрана соответствует погрешности механизма фокусировки объектива микроскопа, равной 0,002мм.

а) $\beta = -10^x$;

б) $\beta = -8^x$;

с) $\beta = -20^x$.

59. Измерительный микроскоп с объективом $\beta \times A$ сфокусирован так, что изображение находится на расстоянии 1мм от сетки. Допустима ли такая расфокусировка, если известно, что она не должна превышать 0,5кан.ед.?

- a) $\beta = -20^\circ$, $A = 0,4$;
- b) $\beta = -10^\circ$, $A = 0,3$;
- c) $\beta = -5^\circ$, $A = 0,1$.

60. Известно, что фокусировка визуального прибора по резкости изображения может быть выполнена с погрешностью $\pm 0,25$ кан.ед. Погрешность механизма тонкой фокусировки микроскопа составляет величину $\pm 0,002$ мм. Правильно ли выбран механизм фокусировки, если используется объектив с апертурой A ?

- a) $A = 0,5$;
- b) $A = 0,2$;
- c) $A = 0,8$.

61. Сетка окуляра выполнена сдвоенной с зазором 0,05 мм. Правильно ли выбрана величина зазора, если она должна составлять 0,5 кан.ед.? Фокусное расстояние окуляра равно f' , а диаметр выходного зрачка равен D' .

- a) $f' = 10$ мм, $D' = 2$ мм;
- b) $f' = 15$ мм, $D' = 2$ мм;
- c) $f' = 25$ мм, $D' = 4$ мм.

62. Погрешность фокусировочного перемещения в зрительной трубе составляет 0,05 мм. Правильно ли выбран механизм фокусировки, если известно, что погрешность не должна превышать 0,5 продольной канонической единицы? Фокусное расстояние объектива равно f' , диафрагменное число равно K .

- a) $f' = 1000$ мм, $K = 12$;
- b) $f' = 500$ мм, $K = 10$;
- c) $f' = 300$ мм, $K = 8$.

63. Револьверное устройство в микроскопе служит для смены объективов. Объективы должны так устанавливаться относительно предметной плоскости, чтобы решалась задача опознавания объекта при смене объективов. Задача решается, если расфокусировка не превышает $\pm 1/4$ размера дифракционного пятна в направлении вдоль оптической оси. Определить, допустима ли расфокусировка величиной Δz , если используются объективы: $3\times 0,1$; $8\times 0,2$; $20\times 0,3$ и $40\times 0,65$.

- a) $\Delta z = \pm 0,1$ мм;
- b) $\Delta z = \pm 0,01$ мм;

с) $\Delta z = \pm 0,5 \text{ мм}$.

64. Максимальное значение волновой аберрации фотообъектива составляет N длин волн для зоны, составляющей 0,7 от радиуса зрачка. Определить соответствующую величину продольной аберрации в пространстве изображений, если диафрагменное число объектива равно K .

- а) $N=3, K=2,5$;
- б) $N=1, K=2$;
- с) $N=0,5, K=4$.

65. Край поля изображается нерезко объективом микроскопа $20\times 0,4$ вследствие кривизны изображения. В пространстве сетки кривизна составляет величину $\Delta z'$. Определить величину кривизны изображения в волновой мере.

- а) $\Delta z' \approx -2 \text{ мм}$;
- б) $\Delta z' \approx -5 \text{ мм}$;
- с) $\Delta z' \approx -1 \text{ мм}$.

66. Какова величина углового параллактического смещения изображения на сетке зрительной трубы, если волновая расфокусировка составляет четверть длины волны? Диаметр выходного зрачка трубы D' , диаметр зрачка глаза равен 1 мм.

- а) $D' \approx 3 \text{ мм}$;
- б) $D' \approx 4 \text{ мм}$;
- с) $D' \approx 5 \text{ мм}$.

67. При диаметре зрачка D глаз чувствует изменение волнового фронта величиной ΔW . Какое расстояние до предметов в линейной мере и в диоптриях можно считать практической бесконечностью для невооруженного глаза?

- а) $D=2 \text{ мм}, \Delta W=0,15 \text{ мкм}$;
- б) $D=1 \text{ мм}, \Delta W=0,1 \text{ мкм}$;
- с) $D=3 \text{ мм}, \Delta W=0,2 \text{ мкм}$.

68. Чувствительность глаза в волновой мере не является постоянной при различных диаметрах зрачка глаза. Для диаметров 0,5-2 мм $\Delta W=1/4$ длины волны, для диаметра 3,5 мм $\Delta W=1/2$ длины волны, а для диаметра 5 мм $\Delta W=3/4$ длины волны. Найти глубину резкого

изображения для глаза, аккомодированного на бесконечность, если диаметр зрачка глаза равен D .

- a) $D=1,5\text{мм}$;
- b) $D=3\text{мм}$;
- c) $D=4\text{мм}$.

69. При диаметре зрачка 2мм глаз чувствует изменение волнового фронта величиной 0,25 длины волны. Найти чувствительность продольной наводки невооруженного глаза в миллиметрах, если он наведен на предмет, находящийся на расстоянии L .

- a) $L=-250\text{мм}$;
- b) $L=-400\text{мм}$;
- c) $L=-150\text{мм}$;

70. Предмет рассматривается через диафрагму с отверстием диаметром 1мм, расположенную в непосредственной близости от глаза. Найти глубину резкого изображения, если глаз имеет максимальное напряжение аккомодации, а расстояние от зрачка до ближней точки глаза равно L . Во сколько раз изменятся видимые размеры предмета при переходе от одной границы глубины резкости до другой? Данные о чувствительности наводок при разных размерах зрачка глаза имеются в задаче 68.

- a) $L=-100\text{мм}$;
- b) $L=-200\text{мм}$;
- c) $L=-250\text{мм}$.

71. При диаметре зрачка 2мм глаз чувствует изменение волнового фронта величиной 0,25 длины волны. Найти соответствующую глубину резкости в пространстве предметов микроскопа с видимым увеличением Γ .

- a) $\Gamma=100^x$;
- b) $\Gamma=50^x$;
- c) $\Gamma=75^x$.

72. Глаз чувствует изменение волнового фронта величиной ΔW длин волн при диаметре зрачка D . Какую расфокусировку в диоптрийной мере чувствует глаз при этом зрачке, т.е. какой остроте аккомодации соответствует указанная чувствительность глаза?

- a) $\Delta W=0,25$, $D=2\text{мм}$;
- b) $\Delta W=0,75$, $D=5\text{мм}$;

с) $\Delta W=1,0$, $D=6,5$ мм.

73. Глаз может заметить волновое смещение величиной ΔW длин волн при диаметре зрачка равном D . С какой чувствительностью должно выполняться смещение окуляра с сеткой при фокусировке зрительной трубы, если фокусное расстояние окуляра равно f'' ?

а) $\Delta W=0,25$, $D=2$ мм, $f''=10$ мм;

б) $\Delta W=0,25$, $D=1$ мм, $f''=15$ мм;

с) $\Delta W=0,5$, $D=4$ мм, $f''=10$ мм.

74. Найти расфокусировку микроскопа, соответствующую отклонению волновой поверхности на краю зрачка ΔW , если апертура микроскопа равна A .

а) $\Delta W=0,1$ мкм, $A=0,2$;

б) $\Delta W=0,5$ мкм, $A=0,2$;

с) $\Delta W=1$ мкм, $A=0,4$.

2.3. Изменение увеличения при продольных смещениях

75. Показать на чертеже и рассчитать, насколько и в какую сторону изменится фокусное расстояние объектива зрительной трубы, равное f' , при смещении изображения на величину $\Delta z'$. Зрачки совпадают с главными плоскостями.

а) $f'=1000$ мм, $\Delta z'=-5$ мм;

б) $f'=500$ мм, $\Delta z'=0,1$ мм;

с) $f'=200$ мм, $\Delta z'=1$ мм.

76. Как изменится масштаб изображения, создаваемого аэрофотосъемочным объективом с фокусным расстоянием f' , если пленку поместить на расстоянии $\Delta z'$ от фокальной плоскости? Выходной зрачок удален на расстояние 30мм от задней главной плоскости.

а) $f'=100$ мм, $\Delta z'=0,5$ мм;

б) $f'=150$ мм, $\Delta z'=-1$ мм;

с) $f'=200$ мм, $\Delta z'=0,1$ мм.

77. Угловой размер планеты измеряется с помощью объектива телескопа по величине изображения. Найти относительную погрешность измерения вследствие дефокусировки объектива, если

величина дефокусировки составляет $\Delta z'$, фокусное расстояние объектива равно f' , а зрачки расположены в главных плоскостях объектива.

- a) $\Delta z'=0,5\text{мм}, f'=1000\text{мм};$
- b) $\Delta z'=0,5\text{мм}, f'=500\text{мм};$
- c) $\Delta z'=1\text{мм}, f'=5000\text{мм}.$

78. Измеряется угловой размер планеты с помощью объектива телескопа по величине изображения. Найти относительную погрешность измерения вследствие дефокусировки объектива, если величина дефокусировки составляет $\Delta z'$, фокусное расстояние объектива равно f' , а выходной зрачок находится на расстоянии 100мм от задней главной плоскости объектива.

- a) $\Delta z'=0,5\text{мм}, f'=1000\text{мм};$
- b) $\Delta z'=0,5\text{мм}, f'=500\text{мм};$
- c) $\Delta z'=1\text{мм}, f'=5000\text{мм}.$

79. Рассчитать, насколько и с какой точностью следует изменить воздушный промежуток между линзами объектива зрительной трубы, если ее увеличение отличается от номинального на 0,1% при допуске 0,02%. Фокусные расстояния объектива и его обеих линз соответственно равны f', f_1 и f_2 .

- a) $f'=300\text{мм}, f_1=200\text{мм}, f_2=-400\text{мм};$
- b) $f'=500\text{мм}, f_1=200\text{мм}, f_2=-250\text{мм};$
- c) $f'=800\text{мм}, f_1=500\text{мм}, f_2=-250\text{мм}.$

80. Как изменится увеличение репродукционного объектива, равное β , если экран смещен на величину $\Delta z'$ по отношению к расчетному положению? Фокусное расстояние объектива равно f' . Зрачки расположены в главных плоскостях объектива.

- a) $\beta=-20^x, f'=50\text{мм}, \Delta z'=-20\text{мм};$
- b) $\beta=-10^x, f'=100\text{мм}, \Delta z'=-50\text{мм};$
- c) $\beta=-30^x, f'=50\text{мм}, \Delta z'=-20\text{мм}.$

81. Как изменится увеличение репродукционного объектива, равное β , если экран смещен на величину 50мм по отношению к расчетному положению? Фокусное расстояние объектива равно f' . Выходной зрачок находится на расстоянии $\Delta z'_p$ от задней главной плоскости объектива.

- a) $\beta=-20^x, f'=50\text{мм}, \Delta z'_p=-20\text{мм};$

- b) $\beta = -10^{\times}, f' = 100 \text{ мм}, \Delta z'_p = -50 \text{ мм};$
- c) $\beta = -30^{\times}, f' = 50 \text{ мм}, \Delta z'_p = -20 \text{ мм}.$

82. Как изменится увеличение объектива микроскопа, если сетка микроскопа смещена на 1мм? Номинальное значение увеличения равно β_0 , фокусное расстояние объектива равно f' , объектив имеет телецентрический ход лучей в пространстве предметов.

- a) $\beta = -5^{\times}, f' = 32 \text{ мм};$
- b) $\beta = -8^{\times}, f' = 20 \text{ мм};$
- c) $\beta = -20^{\times}, f' = 8 \text{ мм}.$

83. Номинальное значение увеличения объектива микроскопа равно β_0 , измеренное - β . Объектив имеет телецентрический ход лучей в пространстве предметов. Насколько надо изменить длину тубуса микроскопа для восстановления увеличения, если фокусное расстояние объектива равно f' ?

- a) $\beta_0 = -5^{\times}, \beta = -5,1^{\times}, f' = 32 \text{ мм};$
- b) $\beta_0 = -8^{\times}, \beta = -8,2^{\times}, f' = 20 \text{ мм};$
- c) $\beta_0 = -20^{\times}, \beta = -20,5^{\times}, f' = 8 \text{ мм}.$

84. В качестве объектива микроскопа используется нестандартный объектив, в котором зрачки совпадают с главными плоскостями. Погрешность фокусировки равна 0,002мм. Чему равна ошибка увеличения вследствие погрешности фокусировки, если увеличение объектива равно β , а фокусное расстояние объектива равно f' ?

- a) $\beta = -5^{\times}, f' = 32 \text{ мм};$
- b) $\beta = -8^{\times}, f' = 20 \text{ мм};$
- c) $\beta = -20^{\times}, f' = 8 \text{ мм}.$

85. Найти, с какой точностью должно соблюдаться постоянство расстояния между микроскопом и основной шкалой для исключения ошибки масштаба изображения, если измерения должны проводиться с точностью 0,05%. Оптический интервал микроскопа равен 160мм, увеличение объектива равно β , апертурная диафрагма расположена на расстоянии z'_p от заднего фокуса объектива.

- a) $\beta = -5^{\times}, z'_p = -5 \text{ мм};$
- b) $\beta = -8^{\times}, z'_p = +5 \text{ мм};$
- c) $\beta = -20^{\times}, z'_p = +10 \text{ мм}.$

86. При проверке отсчетного микроскопа с оптической длиной тубуса равной 190мм оказалось, что в одном делении измерительной шкалы прибора укладывается k витков спирального микрометра вместо десяти. Увеличение объектива равно β . В объективе реализован телецентрический ход лучей. На сколько следует изменить длину тубуса микроскопа, чтобы устранить ошибку увеличения?

- a) $k=9,9, \beta=-8^x$;
- b) $k=9,75, \beta=-8^x$;
- c) $k=10,02, \beta=-10^x$.

87. Отсчетный микроскоп имеет объектив с увеличением β , оптическую длину тубуса 160мм, телецентрический ход лучей в пространстве предметов. Погрешность одного отсчета в пределах одного миллиметрового деления основной шкалы не должна превышать 0,5мкм. С какой точностью следует выдержать длину тубуса при устранении рена отсчетного микроскопа? Какова допустимая погрешность фокусировки всего микроскопа относительно плоскости основной шкалы?

- a) $\beta=-8^x$;
- b) $\beta=-6^x$;
- c) $\beta=-10^x$.

88. Отсчетный микроскоп имеет объектив с увеличением β , апертуру A , оптическую длину тубуса 190мм, телецентрический ход лучей в пространстве предметов. Измерения производятся в пределах одного деления миллиметровой шкалы. Опираясь на величину чувствительности поперечных наводок, определить, с какой точностью следует выдержать длину тубуса при устранении рена отсчетного микроскопа. Какова допустимая погрешность фокусировки всего микроскопа относительно плоскости основной шкалы?

- a) $\beta=-8^x, A=0,2$;
- b) $\beta=-6^x, A=0,15$;
- c) $\beta=-10^x, A=0,3$.

89. Насколько и с какой точностью следует изменить расстояние между окулярной головкой и тубусом отсчетного микроскопа, если оказалось, что ошибка масштаба изображения основной шкалы в плоскости сетки составляет 0,1% при допуске 0,05%? Какой должна быть последующая перефокусировка всего микроскопа для получения резкого изображения шкалы? Номинальные оптический интервал Δ и

увеличение микрообъектива β известны. Апертурная диафрагма находится в заднем фокусе объектива.

- a) $\Delta = 160\text{мм}$, $\beta = -5^{\times}$;
- b) $\Delta = 170\text{мм}$, $\beta = -8^{\times}$;
- c) $\Delta = 190\text{мм}$, $\beta = -10^{\times}$.

3. ДИФРАКЦИОННЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ТОЧКИ И ЛИНИИ. РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ

3.1. Размеры дифракционных изображений точки и линии

90. Определить размер центрального кружка дифракционного изображения точки на сетчатке глаза, если диаметр зрачка глаза равен D , а заднее фокусное расстояние глаза по Гюльстранду равно 22,78мм. Будут ли разрешаться глазом дифракционные кольца и при каком условии их можно наблюдать?

- a) $D = 2\text{мм}$;
- b) $D = 1\text{мм}$;
- c) $D = 3\text{мм}$.

91. Изображение точки создается оптической системой с выходным зрачком диаметром D' на расстоянии 100мм. Определить размер центральной фигуры дифракционного изображения.

- a) $D' \leq 20\text{мм}$;
- b) $D' \leq 50\text{мм}$;
- c) $D' \leq 10\text{мм}$.

92. Дифракционное изображение точки создается оптической системой на расстоянии 250мм от ее выходного зрачка. Радиус диска Эри равен r' . Найти диаметр выходного зрачка.

- a) $r' \leq 0,125\text{мм}$;
- b) $r' \leq 0,25\text{мм}$;
- c) $r' \leq 0,5\text{мм}$.

93. Микроскопом создается изображение светящейся точки на оси. Определить диаметр центрального дифракционного максимума в пространстве предметов, в пространстве сетки и в пространстве изображений. Увеличение объектива равно β , апертура объектива равна A увеличение окуляра равно Γ .

- a) $\beta = -40^\circ$, $A = 0,6$, $\Gamma = 15^\circ$;
- b) $\beta = -30^\circ$, $A = 0,4$, $\Gamma = 7^\circ$;
- c) $\beta = -60^\circ$, $A = 0,8$, $\Gamma = 10^\circ$.

94. Объектив микроскопа $\beta \times A$ создает изображение светящейся точки на оси. Определить продольный размер центрального дифракционного максимума в пространстве предметов и в пространстве изображений.

- a) $\beta = -10^\circ$, $A = 0,3$;
- b) $\beta = -8^\circ$, $A = 0,2$;
- c) $\beta = -5^\circ$, $A = 0,1$.

95. Штрих сетки микроскопа имеет ширину 0,05мм. Сравнить этот размер с размером центрального дифракционного максимума в изображении линии, если объектив микроскопа имеет характеристики $\beta \times A$.

- a) $\beta = -60^\circ$, $A = 0,8$;
- b) $\beta = -40^\circ$, $A = 0,6$;
- c) $\beta = -8^\circ$, $A = 0,2$.

96. Требуемая погрешность продольных измерений с помощью микроскопа равна 0,005мм. Какую долю продольного размера дифракционного изображения точки составляет указанная величина, если используется объектив с апертурой A ?

- a) $A = 0,5$;
- b) $A = 0,2$;
- c) $A = 0,8$.

97. Окуляр с фокусным расстоянием f' и диаметром выходного зрачка D' создает дифракционное изображение точки. Определить диаметр диска Эри в плоскости предметов и в пространстве изображений.

- a) $f' = 10\text{мм}$, $D' = 2\text{мм}$;
- b) $f' = 15\text{мм}$, $D' = 2\text{мм}$;
- c) $f' = 25\text{мм}$, $D' = 4\text{мм}$.

98. Окуляр с фокусным расстоянием f' и диаметром выходного зрачка D' создает дифракционное изображение точки. Определить продольный размер центрального дифракционного максимума в пространстве предметов и в пространстве изображений.

- a) $f' = 10\text{мм}$, $D' = 2\text{мм}$;

- b) $f' = 15\text{мм}$, $D = 2\text{мм}$;
- c) $f' = 25\text{мм}$, $D = 4\text{мм}$.

99. Зрительная труба имеет объектив с диаметром D и фокусным расстоянием f' и окуляр с видимым увеличением Γ . Определить продольный размер дифракционного изображения точки в пространстве предметов, сетки и изображений.

- a) $f' = 500\text{мм}$, $D = 40\text{мм}$, $\Gamma = 15^{\times}$;
- b) $f' = 250\text{мм}$, $D = 30\text{мм}$, $\Gamma = 10^{\times}$;
- c) $f' = 300\text{мм}$, $D = 30\text{мм}$, $\Gamma = 20^{\times}$.

3.2. Разрешающая способность

Примечание. О разрешающей способности глаза см. приложение 2.

100. Вследствие каких причин и как изменяется предельная разрешающая способность глаза при использовании приборов с различными диаметрами выходных зрачков D ?

- a) $D = 2\text{мм}$;
- b) $D = 1\text{мм}$;
- c) $D = 0,5\text{мм}$.

101. Каким должно быть фокусное расстояние идеального объектива диаметром D , в фокальной плоскости которого глаз наблюдателя сможет без дополнительного увеличения отдельно увидеть изображение двух звезд? Принять, что расстояние между изображениями соответствует предельной разрешающей способности объектива, а диаметр зрачка глаза равен 2мм.

- a) $D = 100\text{мм}$;
- b) $D = 150\text{мм}$;
- c) $D = 250\text{мм}$.

102. Каким должен быть диаметр объектива идеального телескопа, с помощью которого можно отдельно увидеть две светящиеся точки с расстояния L , если они расположены на расстоянии B друг от друга.

- a) $L = 50\text{км}$, $B = 50\text{см}$;
- b) $L = 40\text{км}$, $B = 20\text{см}$;
- c) $L = 30\text{км}$, $B = 15\text{см}$.

103. Разрешающая способность микроскопа равна ε . Определить полезное увеличение микроскопа.

- a) $\varepsilon=2,5\text{мкм}$;
- b) $\varepsilon=1,8\text{мкм}$;
- c) $\varepsilon=0,9\text{мкм}$.

104. Во сколько раз повысится разрешающая способность микроскопа при использовании ультрафиолетовых лучей с длиной волны 250нм по сравнению с микроскопом, работающим с длиной волны 550нм, если апертура второго объектива в k раз больше апертуры первого объектива?

- a) $k=2$;
- b) $k=1$;
- c) $k=0,5$.

105. Определить наименьшее расстояние между точками объекта, разрешаемыми через микроскоп с апертурным углом $\pi/3$ и длиной волны 550нм. Определить величину апертурного угла и разрешающую способность микроскопа, если между объективом микроскопа и объектом помещена иммерсионная жидкость с показателем преломления 1,4.

106. Две звезды изображаются в фокальной плоскости объектива телескопа-рефрактора и наблюдаются невооруженным глазом с диаметром зрачка 2мм. Диаметр объектива телескопа равен D , фокусное расстояние равно f' . Определить угловое расстояние между звездами, если они находятся на пределе разрешения полученной системы.

- a) $D=2,5\text{м}, f'=15\text{м}$;
- b) $D=200\text{мм}, f'=2\text{м}$;
- c) $D=300\text{мм}, f'=2,5\text{м}$.

107. Найти диаметр объектива телескопа, с помощью которого можно разрешить изображения двух звезд, находящихся на расстоянии ε друг от друга. Чему равно полезное увеличение этого телескопа?

- a) $\varepsilon=2''$;
- b) $\varepsilon=0,1''$;
- c) $\varepsilon=0,5''$.

108. Определить видимую угловую величину предельно разрешаемого микроскопом расстояния между двумя светящимися линиями, если увеличение микроскопа в k раз больше апертуры.

- a) $k=250$;
- b) $k=500$;
- c) $k=1000$.

109. Найти теоретический предел разрешения двух точек, смещенных в меридиональном и сагиттальном направлениях, для центра поля и углового поля ω идеального объектива. Привести формулы для двух случаев: поверхность изображения плоская и поверхность изображения концентрична зрачку.

- a) $\omega=30^\circ$;
- b) $\omega=45^\circ$;
- c) $\omega=10^\circ$.

3.3. Освещенность в дифракционном изображении точки и линии. Контраст изображения штрихов и щелей

Примечание 1. Для приближенных расчетов освещенности можно воспользоваться функцией $(\text{sinc } x)^2$ или даже треугольным распределением освещенности.

Примечание 2. О контрасте изображения тонких штрихов и узких щелей см. приложение 3.

110. Микроскоп создает дифракционное изображение точки на оси. Как изменится освещенность в центре изображения при расфокусировке на величину Δz ?

- a) $\Delta z = \lambda/A^2$;
- b) $\Delta z = \lambda/3A^2$;
- c) $\Delta z = \lambda/2A^2$.

111. Устройство, показанное на рис. 2, реализует фотометрический способ поперечной наводки, осуществляемый путем визуального сравнения освещенностей двух половин зрачка. Наводка осуществляется на объект-щель, изображаемую объективом 1 на ребре куб-призмы 2 и параллельную этому ребру. Зрачок и поле разделяются с помощью куб-призмы, а призмами 4 и 4', объективами 5 и 5' и двумя другими гранями куб-призмы соединяются, так что изображение щели получается в плоскости диафрагмы 3. При совмещении зрачка глаза

наблюдателя с диафрагмой 3 будут видны светящиеся поверхности объективов 5 и 5', соприкасающиеся по прямой, образуемой ребром куб-призмы. Освещенности этих поверхностей уравниваются в процессе поперечной наводки. Определить чувствительность поперечной наводки объектива 1 в канонических единицах (или в числе длин волн), считая что распределение освещенности в дифракционном изображении линии описывается треугольной функцией и что контраст, различаемый глазом составляет величину Δk .

- a) $\Delta k = 1,7\%$;
- b) $\Delta k = 1,5\%$;
- c) $\Delta k = 2\%$.

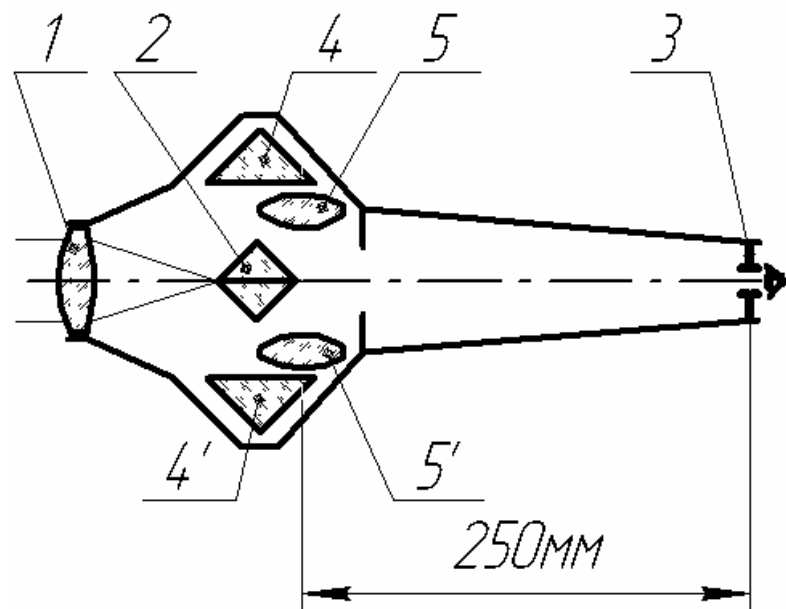


Рис. 2.

112. Во сколько раз должны отличаться по толщине штрихи сетки зрительной трубы, чтобы они могли наблюдаться через окуляр и объектив с одинаковым контрастом? Видимое увеличение зрительной трубы равно Γ .

- a) $\Gamma = 5^x$;
- b) $\Gamma = 10^x$;
- c) $\Gamma = 20^x$.

113. Объективом микроскопа 8х0,2 изображается абсолютно контрастный штрих толщиной t , черный на светлом фоне. Изображение наблюдается глазом с диаметром зрачка 2мм с расстояния 250мм. Будет ли изображение штриха видно с максимальным контрастом?

- a) $t = 3\text{мкм}$;
- b) $t = 14\text{мкм}$;
- c) $t = 100\text{мкм}$.

114. В фокальной плоскости окуляра имеется сетка со штрихами толщиной t , черными на светлом фоне. Диаметр зрачка глаза наблюдателя равен 2мм. Каким должно быть фокусное расстояние окуляра, чтобы штрихи были видны с абсолютным контрастом?

- a) $t = 7\text{мкм}$;
- b) $t = 15\text{мкм}$;
- c) $t = 20\text{мкм}$.

115. Каким должен быть наименьший диаметр нити, черной на светлом фоне, чтобы обеспечивался единичный контраст ее изображения при наблюдении невооруженным глазом с диаметром зрачка 2мм с расстояния a ?

- a) $a = 250\text{мм}$;
- b) $a = 400\text{мм}$;
- c) $a = 1000\text{мм}$.

116. Определить минимальную ширину абсолютно контрастного штриха, черного на светлом фоне, который различим невооруженным глазом с расстояния a . Принять, что диаметр зрачка глаза равен 2мм, а величина порогового контраста, различаемого глазом, равна 2%.

- a) $a = 250\text{мм}$;
- b) $a = 400\text{мм}$;
- c) $a = 1000\text{мм}$.

117. Найти ширину абсолютно контрастного штриха сетки, черного на светлом фоне, изображение которого наблюдается с 60% контрастом через лупу с увеличением Γ . Диаметр зрачка глаза принять равным 2мм.

- a) $\Gamma = 5^x$;
- b) $\Gamma = 3^x$;
- c) $\Gamma = 10^x$.

118. Светящаяся щель шириной t рассматривается на темном фоне невооруженным глазом с расстояния 250мм. Как изменится освещенность в центре дифракционного изображения щели, если для наблюдения использовать лупу с увеличением Γ ? Принять, что диаметр зрачка глаза равен 2мм, а коэффициент пропускания лупы равен 0,9.

- a) $t=6\text{мкм}$, $\Gamma=2^x$;
- b) $t=5\text{мкм}$, $\Gamma=3^x$;
- c) $t=2\text{мкм}$, $\Gamma=5^x$.

119. Абсолютно контрастный штрих шириной t , черный на светлом фоне, наблюдается невооруженным глазом с расстояния a_1 . Как изменится контраст изображения, если штрих поместить на расстоянии a_2 ? Принять диаметр зрачка глаза равным 2мм.

- a) $t=0,1\text{мм}$, $a_1=250\text{мм}$, $a_2=1\text{м}$;
- b) $t=0,3\text{мм}$, $a_1=400\text{мм}$, $a_2=1\text{м}$;
- c) $t=0,4\text{мм}$, $a_1=500\text{мм}$, $a_2=2\text{м}$.

120. Рассчитать контраст изображения темного штриха шириной 5мкм, используемого в качестве тест-объекта в коллиматоре, имеющем диаметр 100мм и фокусное расстояние объектива 1000мм, если контролируемая деталь имеет диаметр D .

- a) $D=10\text{мм}$;
- b) $D=40\text{мм}$;
- c) $D=100\text{мм}$.

121. Рассчитать контраст изображения темного штриха шириной t , используемого в качестве тест-объекта в автоколлиматоре, имеющем фокусное расстояние объектива f' и диаметр объектива D .

- a) $t=2\text{мкм}$, $f'=300\text{мм}$, $D=40\text{мм}$;
- b) $t=10\text{мкм}$, $f'=500\text{мм}$, $D=50\text{мм}$;
- c) $t=2\text{мкм}$, $f'=1500\text{мм}$, $D=100\text{мм}$.

4. ШИРИНА ШТРИХОВ СЕТОК И ШКАЛ. РАЗМЕРЫ СВЕТЯЩИХСЯ ЩЕЛЕЙ

122. Штрих сетки зрительной трубы имеет ширину 0,1мм. Правильно ли выбрана ширина штриха, если известно, что она должна быть в десять раз больше ширины дифракционного изображения линии?

Фокусное расстояние объектива зрительной трубы равно f' , диафрагменное число равно K .

- a) $f'=500\text{мм}$, $K=8$;
- b) $f'=300\text{мм}$, $K=5$;
- c) $f'=1500\text{мм}$, $K=10$.

123. Штрих сетки окуляра с видимым увеличением Γ и диаметром выходного зрачка 2мм имеет ширину 0,1мм. Сравнить эту величину с размером дифракционного изображения линии.

- a) $\Gamma=20^{\times}$;
- b) $\Gamma=10^{\times}$;
- c) $\Gamma=7^{\times}$.

124. Какого размера точечную диафрагму надо поставить в коллиматор, имеющий диаметр 100мм и фокусное расстояние объектива f' , для получения дифракционного изображения точки? Диаметр контролируемой системы равен D .

- a) $D=70\text{мм}$, $f'=1000\text{мм}$;
- b) $D=100\text{мм}$, $f'=1500\text{мм}$;
- c) $D=50\text{мм}$, $f'=600\text{мм}$.

125. Какого размера точечную диафрагму надо поставить в автоколлимационный микроскоп для получения ее дифракционного изображения, если используется объектив $\beta \times A$?

- a) $\beta \times A=5 \times 0,1$;
- b) $\beta \times A=8 \times 0,2$;
- c) $\beta \times A=10 \times 0,3$.

126. Какого размера точечную диафрагму надо поставить на расстоянии L при контроле объектива с диаметром 50мм, чтобы получить дифракционное изображение точки?

- a) $L=1\text{м}$;
- b) $L=5\text{м}$;
- c) $L=10\text{м}$.

127. Рассчитать ширину щели, используемой в качестве тест-объекта в двойном микроскопе Линника, если применены одинаковые объективы $\beta \times A$.

- a) $\beta \times A=5 \times 0,1$;
- b) $\beta \times A=8 \times 0,2$;

с) $\beta \times A = 10 \times 0,3$.

128. Какой ширины должны быть штрихи сетки окулярного микрометра, если увеличение окуляра равно Γ , а диаметр выходного зрачка равен D ?

- а) $\Gamma = 10^x$, $D \leq 5 \text{ мм}$;
- б) $\Gamma = 20^x$, $D \leq 2 \text{ мм}$; 000
- с) $\Gamma = 15^x$, $D \leq 2 \text{ мм}$.

129. Рассчитать ширину штрихов сетки, стоящей в коллиматоре в качестве тест-объекта, если фокусное расстояние объектива коллиматора равно f' , диаметр равен D , а контролируемые объекты имеют диаметр не менее 10 мм.

- а) $f' \leq 1000 \text{ мм}$, $D = 100 \text{ мм}$;
- б) $f' \leq 500 \text{ мм}$, $D = 60 \text{ мм}$;
- с) $f' \leq 300 \text{ мм}$, $D = 40 \text{ мм}$.

130. Какой ширины штрихи может иметь сетка окуляра зрительной трубы, если фокусное расстояние окуляра равно f' , а диаметр выходного зрачка равен D ?

- а) $f' \leq 20 \text{ мм}$, $D \leq 5 \text{ мм}$;
- б) $f' \leq 40 \text{ мм}$, $D \leq 5 \text{ мм}$;
- с) $f' \leq 50 \text{ мм}$, $D \leq 8 \text{ мм}$.

131. Какой ширины штрихи можно нанести на измерительную линейку, наблюдаемую невооруженным глазом, если диаметр зрачка глаза равен D ?

- а) $D = 2 \text{ мм}$;
- б) $D = 5 \text{ мм}$;
- с) $D = 8 \text{ мм}$.

132. Будет ли видно перекрестие из нитей толщиной 5 мкм через оптическую систему «коллиматор + зрительная труба», если коллиматор имеет диаметр 100 мм, фокусное расстояние объектива 1000 мм, а зрительная труба имеет диаметр D и увеличение Γ ? Диаметр зрачка глаза равен 2 мм.

- а) $D = 80 \text{ мм}$, $\Gamma = 20^x$;
- б) $D = 50 \text{ мм}$, $\Gamma = 20^x$;
- с) $D = 30 \text{ мм}$, $\Gamma = 10^x$.

5. СЛУЧАЙНАЯ ПОГРЕШНОСТЬ (ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ) НАВЕДЕНИЯ

5.1. Чувствительность устройств наведения

133. Определить в угловых секундах случайную погрешность наведения зрительной трубы теодолита с диаметром объектива D на объект – Т-образную марку, если окулярная сетка имеет вид прямого перекрестия.

- a) $D=30\text{мм}$;
- b) $D=20\text{мм}$;
- c) $D=50\text{мм}$.

134. Определить случайную погрешность наведения зрительной трубы рефрактометра на границу полного внутреннего отражения, если окулярная сетка представляет собой косое перекрестие, а диаметр объектива зрительной трубы равен D .

- a) $D=20\text{мм}$;
- b) $D=15\text{мм}$;
- c) $D=30\text{мм}$.

135. С помощью зрительной трубы контролируется диоптрийная шкала окуляра, имеющего диаметр выходного зрачка равный D . Рассчитать случайную погрешность одного наведения.

- a) $D=2\text{мм}$;
- b) $D=5\text{мм}$;
- c) $D=4\text{мм}$.

136. В фотоэлектрическом рефрактометре объектом наведения является граница полного внутреннего отражения, а анализатором – сканирующая щель. Определить случайную погрешность поперечного наведения, если в системе наведения используется объектив с диаметром D .

- a) $D=15\text{мм}$;
- b) $D=30\text{мм}$;
- c) $D=40\text{мм}$.

137. Определить случайную погрешность фотоэлектрического наведения на резкость объектива диаметром D , если объектом

является светящаяся щель и используется простейший метод фотоэлектрической фокусировки – по максимальной освещенности в плоскости малой диафрагмы, стоящей поблизости от заднего фокуса объектива. Фокусное расстояние объектива равно f' .

- a) $D=50\text{мм}, f'=200\text{мм};$
- b) $D=30\text{мм}, f'=100\text{мм};$
- c) $D=60\text{мм}, f'=300\text{мм}.$

138. Найти цену деления шкалы точной фокусировки микроскопа и шкалы перемещения его окулярного тубуса, если отсчет с этих шкал снимается с точностью 0,1 деления. Апертуры объектива микроскопа равны A в пространстве предметов и A' в пространстве изображений.

- a) $A=0,1, A'=0,02;$
- b) $A=0,4, A'=0,02;$
- c) $A=0,6, A'=0,03.$

139. При фокусировке трубы на светящийся объект используется фотометрический метод наводки по двум щелям малой ширины, смещенным друг относительно друга в поперечном направлении и разнесенными по глубине. Критерием правильной фокусировки является одинаковая освещенность изображения этих щелей в плоскости сетки, которая может оцениваться наблюдателем с погрешностью 10%. Известно, что освещенность в центре дифракционного изображения линии описывается функцией $(\text{sinc } x)^2$. Почему щели выгодно располагать на расстоянии 2кан.ед. ? Определить чувствительность продольной наводки. Диаметр трубы равен D , а расстояние до светящихся щелей равно 5м.

- a) $D=50\text{мм};$
- b) $D=40\text{мм};$
- c) $D=30\text{мм}.$

140. Случайная погрешность поперечного наведения зрительной трубы диаметром D оказалась равной $\Delta\omega$. Насколько сложный метод наведения использовался?

- a) $D=30\text{мм}, \Delta\omega=0,5'';$
- b) $D=30\text{мм}, \Delta\omega=0,2'';$
- c) $D=30\text{мм}, \Delta\omega=0,2''.$

141. Чему равна глубина пространства, наблюдаемого в зрительную трубу, если глаз должен видеть резкое изображение сетки, а настройка

трубы на бесконечность не может быть изменена? Диаметр зрачка глаза равен 2мм, увеличение трубы равно Γ .

- a) $\Gamma=10^x$;
- b) $\Gamma=20^x$;
- c) $\Gamma=40^x$.

142. Найти протяженность пространства, наблюдаемого резко через зрительную трубу, если глаз настроен на наблюдение сетки, а труба наведена на расстояние 50м и не может быть перефокусирована. Видимое увеличение трубы Γ , диаметр выходного зрачка равен 2мм.

- a) $\Gamma=25^x$;
- b) $\Gamma=20^x$;
- c) $\Gamma=10^x$.

143. Найти глубину пространства, которое может наблюдаться резко через микроскоп с видимым увеличением Γ , если глаз аккомодирован на изображение сетки. Диаметр зрачка глаза равен 2мм.

- a) $\Gamma=100^x$;
- b) $\Gamma=50^x$;
- c) $\Gamma=250^x$.

144. На двухкоординатном микроскопе измеряется фотография звездного неба. Определить случайную погрешность наведения на изображение звезды, если апертура микроскопа равна A . Анализатором служит сетка в виде кольца.

- a) $A=0,2$;
- b) $A=0,5$;
- c) $A=0,8$.

145. Отсчетный микроскоп сферометра снабжен спиральным окулярным микрометром для определения дробных частей основной шкалы. Определить случайную погрешность наведения отсчетного микроскопа – погрешность помещения штриха основной шкалы в середину биспирали. Апертура микроскопа равна A .

- a) $A=0,2$;
- b) $A=0,3$;
- c) $A=0,5$.

146. Измеряется толщина плоской пластинки с помощью микроскопа с апертурой A . Определить случайную погрешность наведения на резкое

изображение поверхности пластинки (на изображение пылинок или пятен на ней).

- a) $A=0,2$;
- b) $A=0,3$;
- c) $A=0,5$.

147. Определить случайную погрешность наведения отсчетного микроскопа компаратора на штрих основной шкалы, если анализатором служит сетка-биссектор. Апертура микроскопа равна A .

- a) $A=0,2$;
- b) $A=0,5$;
- c) $A=0,65$.

148. На оптическом компараторе измеряется расстояние между центрами малых отверстий. Определить случайную погрешность наведения, если сетка микроскопа имеет вид концентрических колец и используется микроскоп с апертурой A .

- a) $A=0,2$;
- b) $A=0,5$;
- c) $A=0,7$.

149. Определить случайную погрешность наведения фотоэлектрического микроскопа на светящуюся точку, если оно производится с помощью полудискового модулятора и ФЭУ. Апертура микроскопа равна A .

- a) $A=0,2$;
- b) $A=0,5$;
- c) $A=0,7$.

150. Определить значение глубины резкости микроскопа с увеличением Γ_m и диаметром выходного зрачка 1мм. Глаз аккомодирован на плоскость сетки.

- a) $\Gamma_m=500^x$;
- b) $\Gamma_m=100^x$;
- c) $\Gamma_m=200^x$.

151. Случайная погрешность фокусировки микроскопа на светящуюся точку не должна превышать 10мкм. Объектив микроскопа имеет апертуру A . Можно ли получить такую погрешность с имеющимся объективом и, если можно, то каким способом?

- a) $A=0,1$;

- b) $A=0,2$;
- c) $A=0,5$.

152. На рис. 3 показана лупа, приспособленная для контроля расстояния между штрихами шкалы 1. В ее фокальной плоскости находится сетка 2 с двумя биссекторами, а между сеткой и лупой находится светоделительная пластинка 3. Увеличение лупы равно Γ , диаметр зрачка глаза - 2мм. Какова погрешность контроля, вызванная ограниченной чувствительностью наводок?

- a) $\Gamma=5^x$;
- b) $\Gamma=3^x$;
- c) $\Gamma=10^x$.

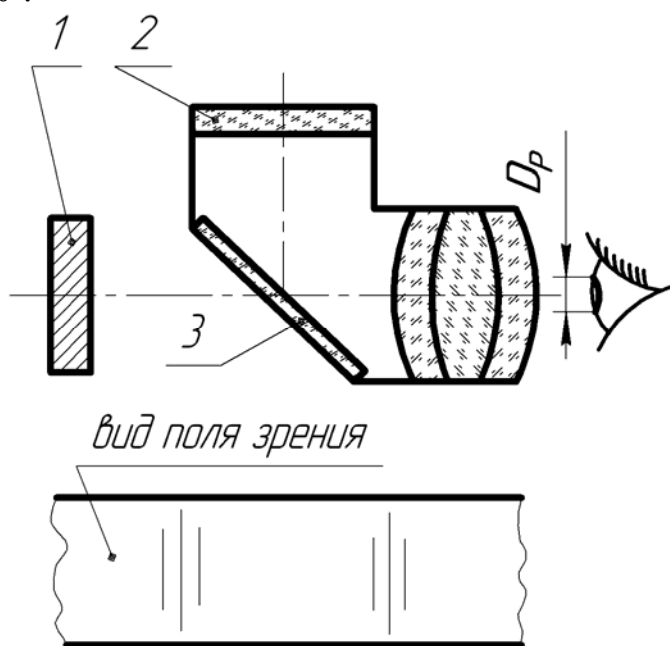


Рис. 3.

153. По условию предыдущей задачи найти погрешность контроля, вызванную ограниченной чувствительностью наводок, если совмещение плоскости шкалы и сетки с биссекторами контролируется наблюдением параллакса, а диаметр лупы равен 25мм.

154. По условию задачи 152 найти погрешность контроля вследствие ограниченной чувствительности наводок при телецентрическом ходе лучей.

5.2. Выбор оптики устройств наведения

155. Подобрать зрительную трубу к рефрактометру, если погрешность измерения углов не должна превышать величины $\Delta\omega$.

- a) $\Delta\omega=20''$;
- b) $\Delta\omega=30''$.
- c) $\Delta\omega=1'$.

156. Подобрать зрительную трубу к гониометру, если погрешность измерения углов не должна превышать величины $\Delta\omega$.

- a) $\Delta\omega=2''$;
- b) $\Delta\omega=5''$;
- c) $\Delta\omega=20''$.

157. Подобрать зрительную трубу для измерения силы линзы, если погрешность измерения не должна превышать величины $\Delta\Phi$.

- a) $\Delta\Phi=0,05$ дптр;
- b) $\Delta\Phi=0,01$ дптр;
- c) $\Delta\Phi=0,005$ дптр.

158. Какие характеристики должен иметь объектив двухкоординатного измерительного микроскопа для того, чтобы погрешность измерения не превышала величины Δy ?

- a) $\Delta y=0,5$ мкм;
- b) $\Delta y=1$ мкм;
- c) $\Delta y=2$ мкм.

159. Подобрать микроскоп для продольных измерений, если погрешность измерения не должна превышать величины Δz .

- a) $\Delta z=5$ мкм;
- b) $\Delta z=0,01$ мм;
- c) $\Delta z=0,02$ мм.

160. Подобрать отсчетный микроскоп к сферометру, если известно, что погрешность одного отсчета не должна превышать величины Δy .

- a) $\Delta y=0,1$ мкм;
- b) $\Delta y=0,2$ мкм;
- c) $\Delta y=0,5$ мкм.

161. Подобрать отсчетный микроскоп к гониометру, если погрешность одного отсчета не должна превышать величины $\Delta\omega$. Диаметр лимба равен 140мм.

- a) $\Delta\omega=0,5''$;
- b) $\Delta\omega=0,2''$;
- c) $\Delta\omega=1''$.

162. Подобрать автоколлимационную зрительную трубу к гониометру, если погрешность измерения не должна превышать величины $\Delta\omega$.

- a) $\Delta\omega=2''$;
- b) $\Delta\omega=3''$;
- c) $\Delta\omega=5''$.

163. Подобрать автоколлимационный микроскоп для измерения радиуса кривизны r поверхности с погрешностью не более Δr .

- a) $r=-100\text{мм}$, $\Delta r=0,05\text{мм}$;
- b) $r=20\text{мм}$, $\Delta r=0,05\text{мм}$;
- c) $r=-50\text{мм}$, $\Delta r=0,02\text{мм}$.

164. Подобрать отсчетный микроскоп к рефрактометру, если погрешность одного отсчета не должна превышать величины $\Delta\omega$. Диаметр лимба равен 100мм.

- a) $\Delta\omega=0,5'$;
- b) $\Delta\omega=1'$;
- c) $\Delta\omega=2'$.

165. Подобрать автоколлимационную зрительную трубу к гониометру, если погрешность измерения не должна превышать величины $\Delta\omega$.

- a) $\Delta\omega=5''$;
- b) $\Delta\omega=2''$;
- c) $\Delta\omega=0,2''$.

5.3. Расчеты механических параметров по случайной погрешности наведения

166. Опираясь на величину случайной погрешности наведения, определить погрешность фокусирующей подвижки зрительной трубы, предназначенной для угловых измерений. Фокусное

расстояние объектива зрительной трубы равно f' , диаметр объектива равен D .

- a) $f'=250\text{мм}$, $D=50\text{мм}$;
- b) $f'=500\text{мм}$, $D=50\text{мм}$;
- c) $f'=2000\text{мм}$, $D=100\text{мм}$.

167. Опираясь на величину случайной погрешности наведения, определить погрешность фокусирующей подвижки микроскопа, служащего для измерения координат на плоскости. Апертура микроскопа равна A .

- a) $A=0,2$;
- b) $A=0,3$;
- c) $A=0,5$.

168. Рассчитать погрешность механизма диоптрийной наводки окуляра зрительной трубы, используемой для поперечных измерений. Апертура зрительной трубы в пространстве сетки равна A .

- a) $A=0,05$;
- b) $A=0,1$;
- c) $A=0,15$.

169. Пользуясь понятием чувствительности наведения, рассчитать допуск на высоту микронеровностей краев щели, используемой в качестве тест-объекта в коллиматоре. Коллиматор используется в установке для визуальных поперечных измерений. Диаметр коллиматора равен D , фокусное расстояние объектива равно f' .

- a) $D=50\text{мм}$, $f'=500\text{мм}$;
- b) $D=80\text{мм}$, $f'=1000\text{мм}$;
- c) $D=40\text{мм}$, $f'=600\text{мм}$.

170. Микроскоп с увеличением Γ_m и выходным зрачком D' имеет механизм тонкой фокусировки. Определить величину погрешности этого механизма, считая что погрешность ограничена чувствительностью фокусировки визуального прибора по резкости изображения.

- a) $\Gamma_m=-400^x$, $D'\leq 0,5\text{мм}$;
- b) $\Gamma_m=-500^x$, $D'\leq 1\text{мм}$;
- c) $\Gamma_m=-300^x$, $D'\leq 0,7\text{мм}$.

171. Определить величину погрешности механизма фокусировки автоколлимационного микроскопа, считая что она ограничена чувствительностью продольной наводки визуального прибора. Отклонение волнового фронта, воспринимаемое глазом, равно ΔW , апертура объектива микроскопа равна A .

- a) $\Delta W = \pm 0,1 \text{ мкм}, A = 0,2$;
- b) $\Delta W = \pm 0,125 \text{ мкм}, A = 0,3$;
- c) $\Delta W = \pm 0,1 \text{ мкм}, A = 0,4$.

172. Пользуясь величиной случайной погрешности наведения, рассчитать допуск на высоту микронеровностей сканирующей щели, стоящей в фотоэлектрическом микроскопе. Объектив микроскопа имеет апертуру A , увеличение β .

- a) $A = 0,2, \beta = -8^{\times}$;
- b) $A = 0,3, \beta = -10^{\times}$;
- c) $A = 0,5, \beta = -40^{\times}$.

5.4. Чувствительность установки коллиматоров и зрительных труб на бесконечность

173. Плоское зеркало используется для установки трубы на бесконечность автоколлимационным методом. Рассчитать допустимую сферичность зеркала (число интерференционных колец при контроле пробным стеклом и радиус кривизны поверхности), если диаметр входного зрачка трубы равен D .

- a) $D = 30 \text{ мм}$;
- b) $D = 50 \text{ мм}$;
- c) $D = 80 \text{ мм}$.

174. Какое отклонение стрелки зеркальной сферической поверхности можно обнаружить, используя метод автоколлимации из центра кривизны? Ответ дать в числе интерференционных колец, наблюдаемых при контроле поверхности пробным стеклом.

175. Определить чувствительность метода установки на бесконечность коллиматора с помощью трубы, которая сфокусирована автоколлимационным методом. Фокусные расстояния объективов коллиматора и трубы равны f_k и f_m , а их диаметры равны D_k и D_m .

- a) $f_k = 500 \text{ мм}, f_m = 300 \text{ мм}, D_k = 50 \text{ мм}, D_m = 40 \text{ мм}$;
- b) $f_k = 1000 \text{ мм}, f_m = 600 \text{ мм}, D_k = 90 \text{ мм}, D_m = 60 \text{ мм}$;

с) $f'_k=500\text{мм}, f'_m=600\text{мм}, D_k=50\text{мм}, D_m=60\text{мм}.$

176. Коллиматор устанавливается на бесконечность при помощи зрительной трубы и поворотной плоскопараллельной пластинки, расположенной между коллиматором и зрительной трубой. На какой угол следует поворачивать пластинку для обеспечения наибольшей чувствительности метода, если показатель преломления пластинки равен n ?

- а) $n=1,5$;
- б) $n=1,7$;
- с) $n=2,0$.

177. Коллиматор с фокусным расстоянием объектива f'_k диаметром D_k устанавливается на бесконечность при помощи зрительной трубы с фокусным расстоянием объектива f'_m диаметром D_m и поворотной плоскопараллельной пластинки, расположенной между коллиматором и зрительной трубой. Смещение изображения на сетке объектива зрительной трубы составило 0,5мм. С какой погрешностью установлен на бесконечность коллиматор?

- а) $f'_k=1000\text{мм}, D_k=100\text{мм}, f'_m=400\text{мм}, D_m=50\text{мм};$
- б) $f'_k=5000\text{мм}, D_k=500\text{мм}, f'_m=800\text{мм}, D_m=60\text{мм};$
- с) $f'_k=3000\text{мм}, D_k=400\text{мм}, f'_m=600\text{мм}, D_m=50\text{мм}.$

178. Коллиматор устанавливается на бесконечность при помощи трубы и поворотной плоскопараллельной пластинки толщиной 50мм, изготовленной из стекла К8. Определить чувствительность метода в волновой мере, если диаметры коллиматора и трубы равны D_k и D_m , а угол поворота пластинки составляет $\pm 30^\circ$.

- а) $D_k=60\text{мм}, D_m=40\text{мм};$
- б) $D_k=100\text{мм}, D_m=50\text{мм};$
- с) $D_k=50\text{мм}, D_m=20\text{мм}.$

179. Рассчитать допустимую клиновидность поворотной плоскопараллельной пластинки, изготовленной из стекла К8 и служащей для установки зрительной трубы на бесконечность. Диаметр зрительной трубы равен D .

- а) $D=50\text{мм};$
- б) $D=40\text{мм};$
- с) $D=60\text{мм}.$

Указание: считать клин одинаково действующим в прямом и повернутом положении.

180. Для установки на бесконечность зрительной трубы диаметром D применяются вспомогательная труба диаметром D_m с бипризмой и две качающиеся плоскопараллельные пластинки (рис.4). Каждая из пластинок перекрывает половину входного зрачка вспомогательной трубы. Найти чувствительность метода. Сравнить полученную величину с чувствительностью установки зрительной трубы на бесконечность по резкости изображения.

- a) $D=70\text{мм}$, $D_m=30\text{мм}$;
- b) $D=100\text{мм}$, $D_m=50\text{мм}$;
- c) $D=60\text{мм}$, $D_m=30\text{мм}$.

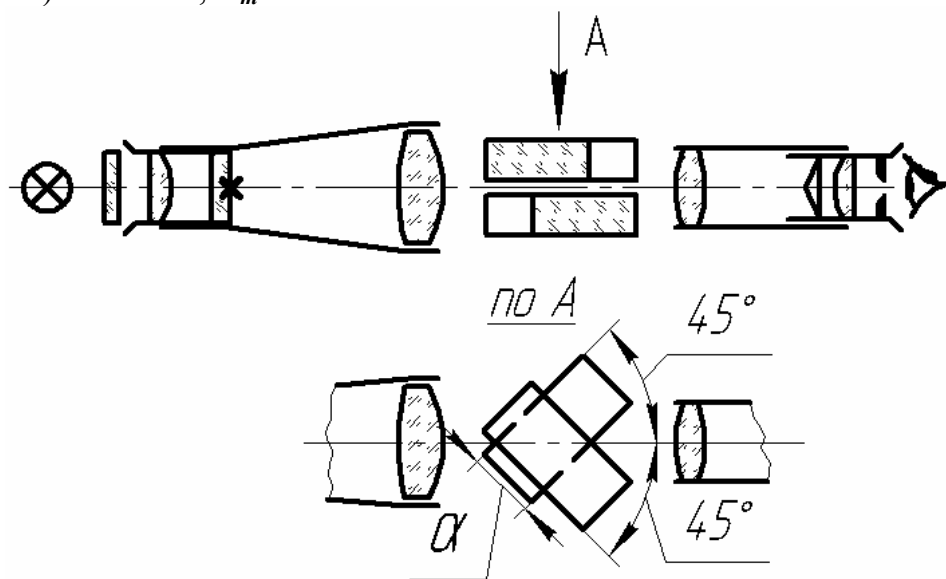


Рис. 4.

181. Найти чувствительность метода установки на бесконечность зрительной трубы диаметром D при помощи вспомогательной трубы диаметром D_m и перемещающейся пентапризмы с размером грани b . Сравнить полученную величину с чувствительностью установки зрительной трубы на бесконечность по резкости изображения.

- a) $D=400\text{мм}$, $D_m=40\text{мм}$, $b=45\text{мм}$;
- b) $D=200\text{мм}$, $D_m=40\text{мм}$, $b=50\text{мм}$;
- c) $D=140\text{мм}$, $D_m=50\text{мм}$, $b=40\text{мм}$.

182. Найти оптимальное значение диаметра входного зрачка вспомогательной трубы и необходимые размеры пентапризмы, при которых может быть обеспечена наибольшая чувствительность

установки на бесконечность коллиматора диаметром D методом перемещающейся пентапризмы.

- a) $D=400\text{мм}$;
- b) $D=100\text{мм}$;
- c) $D=140\text{мм}$.

183. Коллиматор диаметром D устанавливается на бесконечность с помощью вспомогательной зрительной трубы диаметром D_m . Для этой цели выбрали два метода: метод перемещающейся пентапризмы и метод фокусировки коллиматора по резкому изображению сетки, наблюдаемому в зрительную трубу. Каково соотношение точностей этих методов, если труба сфокусирована автоколлимационным методом?

- a) $D=400\text{мм}$, $D_m=40\text{мм}$;
- b) $D=200\text{мм}$, $D_m=40\text{мм}$;
- c) $D=100\text{мм}$, $D_m=50\text{мм}$.

184. Коллиматор с объективом диаметром D устанавливается на бесконечность методом перемещающейся пентапризмы с помощью зрительной трубы диаметром D_m . Как надо изменить диаметр объектива зрительной трубы D_m , чтобы получить такую же чувствительность установки коллиматора путем непосредственной фокусировки с помощью зрительной трубы? Зрительная труба установлена на бесконечность автоколлимационным методом.

- a) $D=400\text{мм}$, $D_m=40\text{мм}$;
- b) $D=200\text{мм}$, $D_m=40\text{мм}$;
- c) $D=100\text{мм}$, $D_m=50\text{мм}$.

185. Какова погрешность установки коллиматора на бесконечность, если при проверке методом перемещающейся пентапризмы и зрительной трубы оказалось, что изображение перекрестия в плоскости сетки трубы сместилось на $0,5\text{мм}$ при перемещении призмы на весь диаметр объектива коллиматора? Компоненты схемы имеют следующие характеристики:

- a) $f'_k=5000\text{мм}$, $D_k=500\text{мм}$, $f'_m=800\text{мм}$;
- b) $f'_k=3000\text{мм}$, $D_k=400\text{мм}$, $f'_m=600\text{мм}$;
- c) $f'_k=1000\text{мм}$, $D_k=100\text{мм}$, $f'_m=500\text{мм}$.

186. На рис. 5 показана схема выверителя фокусировки длиннофокусного объектива 1 – вид сверху. Лучи, идущие от светящейся щели 2, по выходе из объектива отражаются

пентапризмами 3 и 4, и зеркалом 5 направляются во вспомогательный телескоп 6. Пентапризмы по горизонтали сдвинуты к краям зрачка объектива 1 и смещены по вертикали так, как показано на рисунке – вид А. Входные грани пентапризм имеют размер b_1 и b_2 , фокусное расстояние объектива 1 равно f' , диаметр D , диаметр объектива зрительной трубы равен D_m . Найти чувствительность метода фокусировки учитывая, что изображения штрихов совмещаются с нониальной точностью.

- а) $b_1=60\text{мм}$, $b_2=25\text{мм}$, $f'=4000\text{мм}$, $D=800\text{мм}$, $D_m=60\text{мм}$;
- б) $b_1=60\text{мм}$, $b_2=25\text{мм}$, $f'=7000\text{мм}$, $D=700\text{мм}$, $D_m=60\text{мм}$;
- в) $b_1=50\text{мм}$, $b_2=20\text{мм}$, $f'=5000\text{мм}$, $D=500\text{мм}$, $D_m=50\text{мм}$.

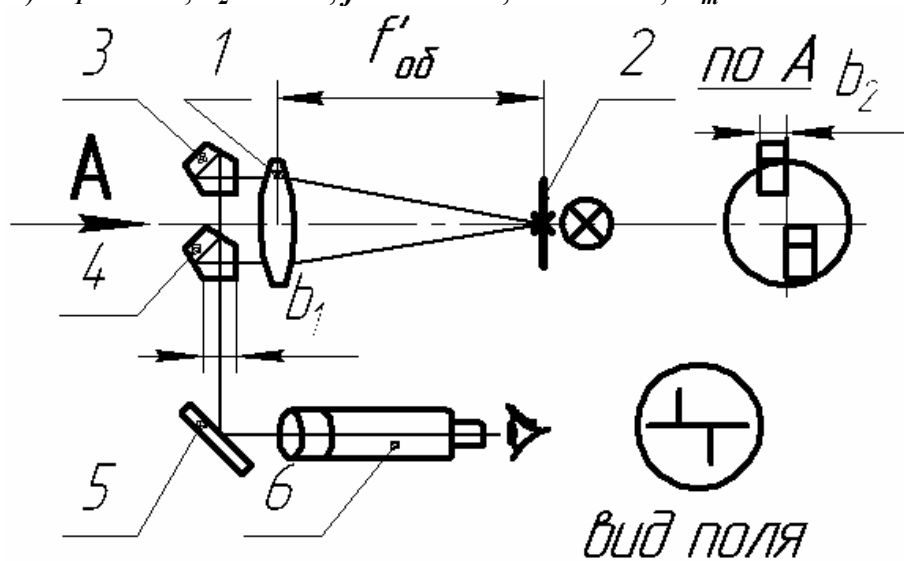


Рис. 5.

6. ПОГРЕШНОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА

6.1. Погрешности разных узлов и деталей измерительного прибора

187. Найти погрешность измерения длины стержня штангенциркулем (рис.6), вызванную несоблюдением принципа компарирования, если зазор в направляющих измерительной губки равен Δ , ее длина равна b , измеряемый стержень имеет длину l и расположен параллельно оси

шкалы на расстоянии c . Как изменится погрешность, если стержень будет наклонен на угол α к оси шкалы?

- a) $\Delta=0,01\text{мм}$, $b=40\text{мм}$, $l=100\text{мм}$, $\alpha=10''$;
- b) $\Delta=0,1\text{мм}$, $b=40\text{мм}$, $l=100\text{мм}$, $\alpha=1'$;
- c) $\Delta=0,05\text{мм}$, $b=50\text{мм}$, $l=200\text{мм}$, $\alpha=20''$.

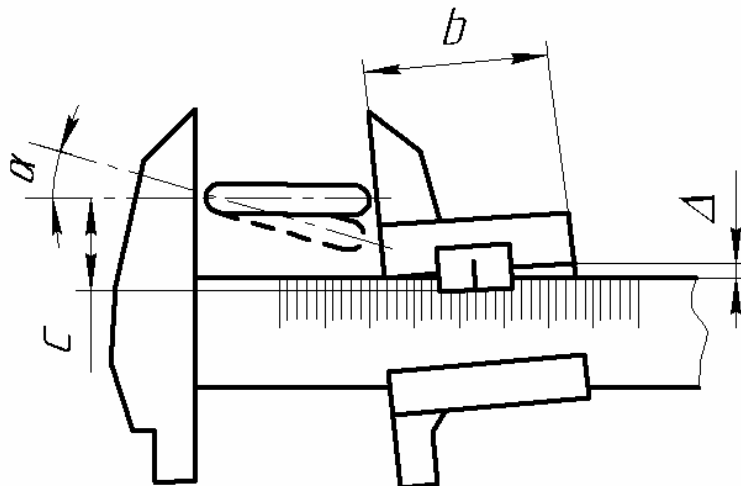


Рис. 6.

188. На рис. 7 показана схема измерения длины детали 3 с помощью компаратора, имеющего шкалу 2. Длина детали равна l , а ее высота равна h . Рассчитать погрешность измерения, вызванную перекосом каретки 1 (вследствие зазоров и непрямолинейности направляющих) на угол α . Сравнить полученный результат с погрешностью измерения при $h=0$.

- a) $l=200\text{мм}$, $h=30\text{мм}$, $\alpha=10''$;
- b) $l=100\text{мм}$, $h=20\text{мм}$, $\alpha=20''$;
- c) $l=150\text{мм}$, $h=40\text{мм}$, $\alpha=5''$.

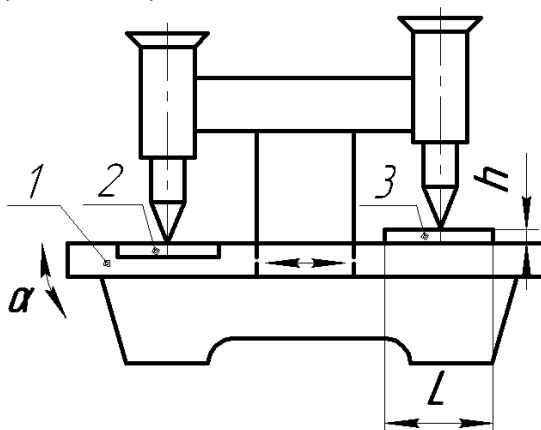


Рис. 7.

189. Рассчитать допустимый наклон подвижной сетки в спиральном окулярном микрометре, возникающий вследствие неточности направляющих, если требуемая погрешность микрометра равна Δy , толщина сетки равна d , а показатель преломления стекла сетки равен 1,5.

- a) $\Delta y=3\text{мкм}$, $d=3\text{мм}$;
- b) $\Delta y=4\text{мкм}$, $d=2\text{мм}$;
- c) $\Delta y=1\text{мкм}$, $d=2\text{мм}$.

190. Для снятия отсчета по шкале с погрешностью 1мкм применяется микроскоп со спиральным окулярным микрометром. Увеличение микроскопа равно Γ , увеличение объектива - β , диаметр выходного зрачка – D' . Определить допустимый эксцентриситет подвижной сетки (несовпадение центра ее вращения с центром спирали) и допустимую величину воздушного промежутка между подвижной и неподвижной сетками.

- a) $\Gamma=64^{\times}$, $\beta=5^{\times}$, $D'=1\text{мм}$;
- b) $\Gamma=35^{\times}$, $\beta=3,7^{\times}$, $D'=1,5\text{мм}$;
- c) $\Gamma=80^{\times}$, $\beta=8^{\times}$, $D'=2\text{мм}$.

191. Доказать, что при помощи двух диаметрально расположенных микроскопов можно исключить погрешность эксцентриситета круговой шкалы относительно оси вращения.

192. Найти допустимую величину неперпендикулярности плоскости лимба гониометра его оси вращения, если диаметр лимба равен 140мм, а отсчетный микроскоп имеет телецентрический ход лучей в пространстве предметов и апертуру A . Как изменится этот допуск, если выходной зрачок не будет совмещен с задним фокусом объектива?

- a) $A=0,1$;
- b) $A=0,2$;
- c) $A=0,4$.

193. Для исключения погрешности от эксцентриситета лимба применяется наклонная плоскопараллельная пластинка толщиной d , с показателем преломления стекла $n=1,5$ и диаметром 100мм, равным диаметру лимба. На какой угол и с какой погрешностью должна быть наклонена пластинка относительно лимба, если линейный

эксцентриситет лимба равен e , а требуемая погрешность измерений равна $\Delta\omega$? Показания снимаются отсчетным микроскопом по одной стороне лимба.

- a) $d=10\text{мм}$, $e=30\text{мкм}$, $\Delta\omega=5''$;
- b) $d=10\text{мм}$, $e=30\text{мкм}$, $\Delta\omega=2''$;
- c) $d=5\text{мм}$, $e=5\text{мкм}$, $\Delta\omega=1''$.

6.2. Оптические микрометры (компенсаторы)

194. Отсчет со шкалы снимается при помощи микроскопа-микрометра с оптическим компенсатором в виде клина, перемещающегося вдоль оптической оси. Клин расположен между объективом микроскопа и сеткой. Определить чувствительность механизма перемещения клина, если он отклоняет лучи на угол σ , а используемый микрообъектив имеет увеличение β и апертуру A . В микроскопе используется нониальный метод совмещения.

- a) $\sigma=2^\circ$, $\beta=8^{\times}$, $A=0,2$;
- b) $\sigma=1,5^\circ$, $\beta=3.7^{\times}$, $A=0,11$;
- c) $\sigma=1^\circ$, $\beta=10^{\times}$, $A=0,3$.

195. Клин, расположенный между объективом отсчетного микроскопа и сеткой, может перемещаться на расстояние d . Исходя из чувствительности поперечного наведения, определить допуск на прямолинейность направляющих (на изгиб в угловой мере), по которым перемещается клин в оптическом микрометре. Апертура объектива микроскопа в пространстве сетки равна 0,02.

- a) $d=10\text{мм}$;
- b) $d=12\text{мм}$;
- c) $d=15\text{мм}$.

196. Оптический компенсатор состоит из пары клиньев, вращающихся в разные стороны. Максимальное угловое смещение изображения равно $\sigma_{\max}$. Найти допустимую разность углов клиньев, если они изготовлены из стекла с одинаковым показателем преломления $n_e=1,5183$, а погрешность компенсатора не должна превышать $1''$.

- a) $\sigma_{\max}=15'$;
- b) $\sigma_{\max}=20'$;
- c) $\sigma_{\max}=10'$.

197. Оптический компенсатор, используемый в дальномерах, состоит из двух ахроматизированных линз, образующих афокальную систему с увеличением $1\times$ (рис. 8). Найти фокусное расстояние f' подвижной линзы и требуемую точность перемещения линзы, если компенсатор должен отклонять входящий пучок лучей на угол σ с погрешностью $\Delta\sigma$, а предельная величина перемещения подвижной линзы равна h .

- a) $\sigma=10'$, $\Delta\sigma=0,3''$, $h=30\text{мм}$;
- b) $\sigma=8'$, $\Delta\sigma=0,25''$, $h=20\text{мм}$;
- c) $\sigma=7'$, $\Delta\sigma=0,2''$, $h=15\text{мм}$.

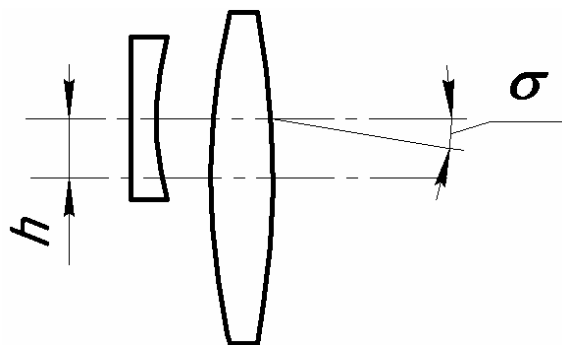


Рис. 8.

198. Найти погрешность угла σ отклонения лучей оптическим компенсатором с децентрируемой линзой (рис. 8) при поперечном смещении линзы с оптической оси на величину h с погрешностью $0,01\text{мм}$. Фокусное расстояние f' подвижной линзы выдержано с погрешностью $0,5\%$.

- a) $h=30\text{мм}$, $f'=10\text{м}$;
- b) $h=20\text{мм}$, $f'=12\text{м}$;
- c) $h=25\text{мм}$, $f'=11\text{м}$.

199. Подобрать толщину качающейся плоскопараллельной пластинки оптического микрометра (рис. 9), если интервал одного деления, который надо разделить на части, составляет 1мм на сетке прибора. Угол наклона пластинки равен φ , показатель преломления $n_e=1,5183$.

- a) $\varphi=5^\circ$;
- b) $\varphi=6^\circ$;
- c) $\varphi=10^\circ$.

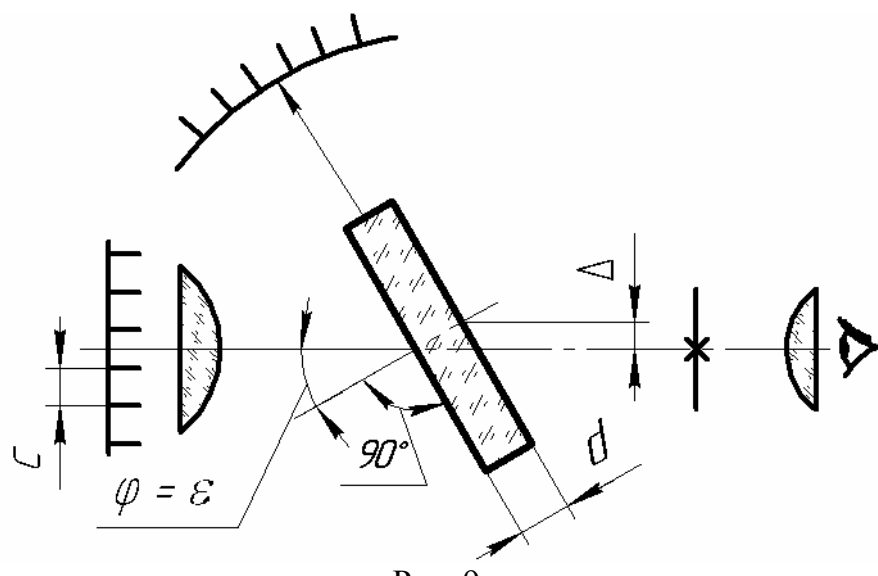


Рис. 9.

7. ИЗМЕРЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРЕЛОМЛЕНИЯ

200. Показатель преломления стекла заданной марки измеряется на рефрактометре Пульфриха. Определить случайную составляющую погрешности измерения, если диаметр зрительной трубы равен 20мм, размер образца равен 20х20х10, а показатели преломления стекла эталонных призм для линии «е» равны: 1,62000; 1,74000; 1,81000.

- a) К8;
- b) Ф1;
- c) ТФ1.

201. Показатель преломления стекла заданной марки измеряется на гониометре автоколлимационным методом. Какова погрешность измерения, если погрешность гониометра равна 5'', а преломляющий угол призмы равен 30°?

- a) ТК16;
- b) ЛК;
- c) СТК19.

202. Показатель преломления стекла заданной марки измеряется на гониометре автоколлимационным методом. Найти погрешность измерения, вызванную ограниченной чувствительностью наведения, если диаметр автоколлимационной зрительной трубы равен 50мм, а

призматический образец имеет основание длиной b и угол при вершине α .

- a) К8, $b=20\text{мм}$, $\alpha=30^\circ$;
- b) ТК16, $b=25\text{мм}$, $\alpha=30^\circ$;
- c) ТФ10, $b=10\text{мм}$, $\alpha=25^\circ$.

203. Показатель преломления стекла марки БК10 ($n_e=1,5173$) измеряется на гониометре методом угла наименьшего отклонения. Какова погрешность измерения, если погрешность гониометра равна $\Delta\omega$, а преломляющий угол призмы равен 60° ?

- a) $\Delta\omega=1,5''$;
- b) $\Delta\omega=2''$;
- c) $\Delta\omega=5''$.

204. Показатель преломления стекла марки ТК16 ($n_e=1,6152$) измеряется на гониометре методом скользящего вхождения лучей. Какова погрешность измерения, если погрешность гониометра равна $\Delta\omega$, а преломляющий угол призмы равен 60° ?

- a) $\Delta\omega=1,5''$;
- b) $\Delta\omega=2''$;
- c) $\Delta\omega=5''$.

205. Показатель преломления стекла марки ТФ1 ($n_e=1,6522$) измеряется на гониометре методом луча, нормально входящего в призму. Какова погрешность измерения, если погрешность гониометра равна $\Delta\omega$, а преломляющий угол призмы равен 30° ?

- a) $\Delta\omega=1,5''$;
- b) $\Delta\omega=2''$;
- c) $\Delta\omega=5''$.

206. Показатель преломления стекла марки К8 ($n_e=1,5183$) измеряется на гониометре методом угла наименьшего отклонения. Определить минимальные размеры призматического образца стекла с преломляющим углом 60° , если заданная погрешность измерения равна Δn ?

- a) $\Delta n=5 \times 10^{-4}$;
- b) $\Delta n=1 \times 10^{-4}$;
- c) $\Delta n=5 \times 10^{-5}$.

207. Показатель преломления стекла марки БК10 ($n_e=1,5713$) измеряется на гониометре автоколлимационным методом. Определить минимальные размеры призматического образца стекла с преломляющим углом 30° , если заданная погрешность измерения равна Δn ?

- a) $\Delta n = 5 \times 10^{-4}$;
- b) $\Delta n = 1 \times 10^{-4}$;
- c) $\Delta n = 5 \times 10^{-5}$.

208. Показатель преломления стекла марки ЛК7 ($n_e=1,4846$) измеряется на гониометре методом скользящего вхождения лучей. Определить минимальные размеры призматического образца стекла с преломляющим углом 60° , если заданная погрешность измерения равна Δn .

- a) $\Delta n = 5 \times 10^{-4}$;
- b) $\Delta n = 1 \times 10^{-4}$;
- c) $\Delta n = 5 \times 10^{-5}$.

209. Показатель преломления стекла марки Ф1 ($n_e=1,6169$) измеряется на гониометре методом луча, нормально входящего в призму. Определить минимальные размеры призматического образца стекла с преломляющим углом 30° , если заданная погрешность измерения равна Δn .

- a) $\Delta n = 5 \times 10^{-4}$;
- b) $\Delta n = 1 \times 10^{-4}$;
- c) $\Delta n = 5 \times 10^{-5}$.

210. Показатель преломления стекла заданной марки измеряется на гониометре двумя методами: методом угла наименьшего отклонения и методом скользящего вхождения лучей. Преломляющий угол призматического образца равен 60° . Определить соотношение погрешностей этих методов измерения, если погрешность измерения углов отклонений вдвое больше погрешности измерения угла призмы.

- a) К8;
- b) Ф1;
- c) ТФ10.

211. Показатель преломления стекла заданной марки измеряется на гониометре двумя методами: автоколлимационным методом и методом луча, нормально входящего в призму. Преломляющий угол

призматического образца равен 30° . Определить соотношение погрешностей этих методов измерения, если известно, что погрешности измерения всех углов одинаковы.

- a) ТК16;
- b) ЛК7;
- c) СТК19.

212. Определить погрешность угломерного устройства рефрактометра Пульфриха, требующуюся для измерения показателя преломления стекла заданной марки с погрешностью Δn . Сменные эталонные призмы имеют для линии «е» показатели преломления: 1,61; 1,74; 1,81.

- a) ТК16, $\Delta n = 1 \times 10^{-4}$;
- b) ЛК7, $\Delta n = 5 \times 10^{-4}$;
- c) СТК19, $\Delta n = 1 \times 10^{-4}$.

213. Образец стекла заданной марки измеряется на рефрактометре Пульфриха с погрешностью Δn . Сменные эталонные призмы имеют для линии «е» показатели преломления: 1,61; 1,74; 1,81. Определить длину основания образца, приняв, что установка трубы по нормали к выходной грани эталонной призмы имеет ничтожную погрешность.

- a) К8, $\Delta n = 1 \times 10^{-4}$;
- b) Ф1, $\Delta n = 1 \times 10^{-4}$;
- c) ТФ1, $\Delta n = 0,5 \times 10^{-4}$.

214. Для снятия отсчета с лимба рефрактометра ИРФ-23 используется микроскоп с окулярным микрометром. Диаметр лимба равен 140мм, оптическая длина тубуса микроскопа равна 160мм. С какой погрешностью необходимо установить окулярный микрометр относительно объектива, если требуемая погрешность измерения равна Δn ? Принять, что измеряется стекло марки К8, а эталонная призма имеет показатель преломления $1,62480 \pm 0,00002$ для линии «е».

- a) $\Delta n = 5 \times 10^{-4}$;
- b) $\Delta n = 1 \times 10^{-4}$;
- c) $\Delta n = 5 \times 10^{-5}$.

215. С какой погрешностью можно измерить показатель преломления стекла пластинки толщиной d при длине волны λ с помощью метода полос Тальбота, если наводка осуществляется с погрешностью 0,1 полосы?

- a) $d = 0,3 \text{ мм}$, $\lambda = 0,5 \text{ мкм}$;

- b) $d=0,5\text{мм}$, $\lambda=0,3\text{мкм}$;
- c) $d=5\text{мм}$, $\lambda=0,8\text{мкм}$.

216. При измерении показателя преломления пробы стекла методом Обреимова подсчитано, что через ребро эталона прошло 5,75 полос. С какой погрешностью можно определить показатель преломления пробы, если погрешность определения дробной части полосы равна ΔN , толщина эталона $d=(2\pm0,01)\text{мм}$, показатель преломления стекла эталона измерен с погрешностью $\Delta n_m=1,5\times10^{-5}$, а длина волны при уравнивании показателей преломления иммерсии и пробы стекла составила $\lambda\pm\Delta\lambda$?

- a) $\Delta N=1/30$, $\lambda\pm\Delta\lambda=(600\pm3)\text{нм}$;
- b) $\Delta N=1/20$, $\lambda\pm\Delta\lambda=(550\pm1,5)\text{нм}$;
- c) $\Delta N=1/10$, $\lambda\pm\Delta\lambda=(550\pm1,5)\text{нм}$;

217. При измерении показателя преломления стекла методом Обреимова используется набор эталонов в виде плоскопараллельных пластинок. Диапазон измерения с одной пластинкой не превышает $n-n_m=6\times10^{-3}$, толщина пластинки $d=2\text{мм}$, измерение выполняется при длине волны $\lambda=550\text{нм}$. Найти, с какой погрешностью необходимо выдерживать плоскопараллельность пластинки, требуемую дисперсию монохроматора, погрешность показателя преломления пластинки и погрешность определения дробной части полосы, если требуемая погрешность измерения равна Δn .

- a) $\Delta n=1\times10^{-4}$;
- b) $\Delta n=5\times10^{-5}$;
- c) $\Delta n=2\times10^{-4}$.

218. Какой должна быть наименьшая толщина сравниваемых образцов стекла и с какой погрешностью она должна быть известна, чтобы при измерении показателя преломления компенсационным методом получить погрешность Δn ? Принять, что наибольшая разность между показателем преломления n и показателем преломления n_o , относительно которого ведется сравнение, равна 1×10^{-3} , а градуировка (определение постоянной) компенсатора производится для длины волны $\lambda=(546\pm3)\text{нм}$ с погрешностью 0,1 полосы.

- a) $\Delta n=1\times10^{-5}$;
- b) $\Delta n=2\times10^{-5}$;
- c) $\Delta n=0,5\times10^{-5}$.

219. С какой погрешностью можно определить показатель преломления прозрачной пленки на двухлучевом микроинтерферометре, если толщина пленки равна d , а показатель преломления пленки равен n ? Для измерения пленка наносится на подложку в виде ступеньки. Сверху ступенька частично покрыта отражающей полоской. Освещение монохроматическое, $\lambda=0,546\text{мкм}$.

- a) $d=0,7\text{мкм}$, $n=2,0$;
- b) $d=0,5\text{мкм}$, $n=2,2$;
- c) $d=1\text{мкм}$, $n=1,9$.

220. Найти показатель преломления жидкости, заполняющей пространство между стеклянной плоской пластинкой и лежащей на ней плосковыпуклой линзой, если при наблюдении в отраженном свете с длиной волны $0,546\text{мкм}$ радиус N -го темного кольца Ньютона оказался равен R , а радиус кривизны линзы равен r .

- a) $N=10$, $R=2,1\text{мм}$, $r=1\text{м}$;
- b) $N=7$, $R=2,3\text{мм}$, $r=2\text{м}$;
- c) $N=100$, $R=6,4\text{мм}$, $r=1\text{м}$.

221. С какой погрешностью можно определить показатель преломления жидкости, помещенной между плоской пластиной и плосковыпуклой линзой, измеряя на инструментальном микроскопе диаметр 20-го кольца Ньютона? Радиус кривизны поверхности линзы равен $1000\pm 2\text{ мм}$, погрешность перемещения стола микроскопа равна Δl , показатель преломления исследуемой жидкости равен n , а длина волны света равна $\lambda=0,546\text{мкм}$?

- a) $\Delta l=5\text{мкм}$, $n=1,55$;
- b) $\Delta l=0,01\text{мм}$, $n=1,33$;
- c) $\Delta l=5\text{мкм}$, $n=1,66$.

222. Чему равен показатель преломления стеклянной пластинки и погрешность его измерения, если результат измерения воздушной толщины пластинки на автоколлимационном микроскопе равен $d_{6030}\pm\Delta d_{6030}$, а толщина самой пластинки измерена микрометром и равна $d\pm\Delta d$?

- a) $d_{6030}\pm\Delta d_{6030}=(2\pm 0,02)\text{мм}$, $d\pm\Delta d=(3,252\pm 0,001)\text{мм}$;
- b) $d_{6030}\pm\Delta d_{6030}=(5\pm 0,01)\text{мм}$, $d\pm\Delta d=(8,713\pm 0,001)\text{мм}$;
- c) $d_{6030}\pm\Delta d_{6030}=(3,22\pm 0,02)\text{мм}$, $d\pm\Delta d=(4,79\pm 0,001)\text{мм}$.

8. ИЗМЕРЕНИЕ ТОЛЩИН ЛИНЗ И ДРУГИХ ПРОДОЛЬНЫХ ОТРЕЗКОВ

223. Вычислить толщину двояковогнутой линзы с радиусами кривизны по 100мм и показателем преломления $n=1,5183$, если при последовательной фокусировке на наружную и внутреннюю поверхность линзы микроскоп пришлось переместить на 2мм. Какова погрешность измерения, если $\Delta n=0,01$, а наведение осуществляется с помощью микроскопа с апертурой A ? Какая составляющая погрешности является доминирующей?

- a) $A=0,1$;
- b) $A=0,2$;
- c) $A=0,5$.

224. Толщина пластинки измеряется с помощью автоколлимационного микроскопа. Определить погрешность измерения, если толщина пластинки равна 4мм, показатель преломления стекла пластинки $n=1,522\pm 0,005$, апертура объектива микроскопа равна A , а цена деления продольной шкалы перемещения микроскопа равна c .

- a) $A=0,1, c=0,1\text{мм}$;
- b) $A=0,2, c=0,05\text{мм}$;
- c) $A=0,5, c=0,01\text{мм}$.

225. При наводке на наружную и внутреннюю поверхности плоскопараллельной пластинки, изготовленной из стекла марки К8, автоколлимационный микроскоп был перефокусирован на 5мм. Найти, чему равна толщина пластинки и с какой погрешностью должен быть определен показатель преломления стекла, чтобы влияние этой погрешности на результат измерения было ничтожно малым. Принять, что доминирующая погрешность измерений определяется чувствительностью наводок, а апертура микроскопа равна A .

- a) $A=0,1$;
- b) $A=0,2$;
- c) $A=0,5$.

226. Толщина плоскопараллельной пластинки, изготовленной из стекла марки К8, измеряется с помощью автоколлимационного микроскопа. В процессе измерения автоколлимационный микроскоп был перефокусирован на 5мм. Какова погрешность измерения, вызванная ограниченной чувствительностью наводок, если

использовался метод фокусировки по двоению изображения? Объектив имеет два одинаковых, круглых и симметричных относительно оси зрачка, вырезанных из одного. Апертура микроскопа до разделения зрачков равнялась A .

- a) $A=0,2$;
- b) $A=0,5$;
- c) $A=0,63$.

227. Вычислить толщину двояковыпуклой линзы с радиусами кривизны по 200мм и показателем преломления $n=1,74$, если при последовательной фокусировке микроскопа на первую и вторую поверхности линзы микроскоп пришлось переместить на 1мм. Чему равна погрешность измерения, если использовался микроскоп с апертурой A ?

- a) $A=0,1$;
- b) $A=0,2$;
- c) $A=0,5$.

228. Насколько изменится расстояние между изображениями щелей 1 и 2 в плоскости окулярной сетки 3 бесконтактного оптического толщимера (рис.10), если толщина контролируемой линзы отличается от образцовой на величину Δd ? Объективы 4 и 5 одинаковы и их увеличение совместно с тубусной линзой 6 равно β . Изменится ли взаимное расположение изображений щелей при смещении контролируемой линзы вдоль ее оптической оси?

- a) $\Delta d=0,1\text{мм}$, $\beta=-30^x$;
- b) $\Delta d=0,2\text{мм}$, $\beta=-20^x$;
- c) $\Delta d=0,5\text{мм}$, $\beta=-20^x$.

229. Какова погрешность измерения разности толщин эталонной и контролируемой линз на толщимере, описанном в предыдущей задаче, если используется объектив с апертурой A ?

- a) $A=0,1$;
- b) $A=0,2$;
- c) $A=0,5$.

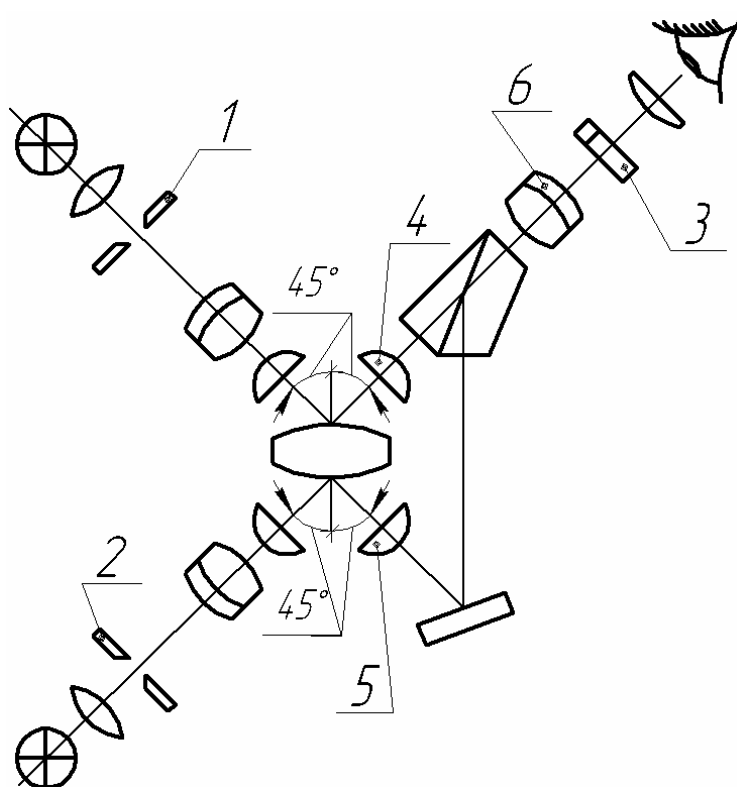


Рис. 10.

230. Дистанция между двумя марками измеряется методом последовательной фокусировки зрительной трубы. Какова погрешность измерения вследствие ограниченной чувствительности наводок, если известны диаметр D входного зрачка трубы и расстояния a_1 и a_2 до наблюдаемых марок?

- а) $D=60\text{мм}$, $a_1=2,5\text{м}$, $a_2=2\text{км}$;
- б) $D=60\text{мм}$, $a_1=2,5\text{м}$, $a_2=1\text{км}$;
- с) $D=50\text{мм}$, $a_1=2\text{м}$, $a_2=2\text{км}$.

231. Дистанция между двумя объектами измеряется методом последовательной фокусировки зрительной трубы. Величина перефокусировки окуляра оказалась равной z' . Чему равна дистанция и погрешность ее измерения, если доминирующая погрешность — чувствительность продольных наводок, а диаметр и фокусное расстояние объектива зрительной трубы равны D и f ?

- а) $z'=5\text{мм}$, $D=50\text{мм}$, $f'=500\text{мм}$;
- б) $z'=4\text{мм}$, $D=50\text{мм}$, $f'=600\text{мм}$;
- с) $z'=1\text{мм}$, $D=60\text{мм}$, $f''=600\text{мм}$.

9. ИЗМЕРЕНИЕ РАДИУСОВ КРИВИЗНЫ ОПТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

232. Радиус поверхности измеряется с помощью автоколлимационной зрительной трубы. Найти погрешность измерения, если измеряемый радиус равен r , фокусное расстояние объектива трубы равно $f'_{об}$, диаметр объектива трубы равен D , а цена деления продольной шкалы окуляра равна 0,1мм.

- a) $r=4000\text{мм}$, $f'_{об}=400\text{мм}$, $D=40\text{мм}$;
- b) $r=2000\text{мм}$, $f'_{об}=500\text{мм}$, $D=50\text{мм}$;
- c) $r=1000\text{мм}$, $f'_{об}=500\text{мм}$, $D=50\text{мм}$.

Указание. Расчеты удобно вести в пространстве предметов зрительной трубы в диоптрийной мере.

233. Радиус кривизны зеркала диаметром 100мм контролируется методом наклонных труб. Угол наклона труб по отношению к нормали зеркала выбран по заполнению пучком меридионального сечения зеркала. Найти радиус и погрешность измерения, если диаметр объективов зрительных труб равен D , фокусное расстояние объективов труб равно f' , а величина перефокусировки составила z' .

- a) $D=50\text{мм}$, $f'=500\text{мм}$, $z'=20\text{мм}$;
- b) $D=60\text{мм}$, $f'=600\text{мм}$, $z'=30\text{мм}$;
- c) $D=40\text{мм}$, $f'=500\text{мм}$, $z'=10\text{мм}$.

234. Найти погрешность измерения радиуса кривизны поверхности на сферометре, если измеряемый радиус равен r , диаметр кольца равен d , цена деления шкалы равна 0,001мм, а апертура отсчетного микроскопа равна 0,2.

- a) $r=100\text{мм}$, $d=40\text{мм}$;
- b) $r=500\text{мм}$, $d=40\text{мм}$;
- c) $r=10\text{мм}$, $d=10\text{мм}$,

235. С какой погрешностью можно определить радиус кривизны поверхности линзы по методу колец Ньютона, если перемещение линзы измеряется на однокоординатном микроскопе с погрешностью 0,005мм, а погрешность наведения равна 0,1 интерференционной полосы. Радиус равен r , счет ведется до 100 колец.

- a) $r=1000\text{мм}$;
- b) $r=2000\text{мм}$;
- c) $r=800\text{мм}$.

236. Радиус кривизны поверхности контролируется с помощью автоколлимационной зрительной трубы. Найти радиус и случайную составляющую погрешности измерения, если величина перефокусировки автоколлимационного окуляра равна z' , диаметр трубы равен D , фокусное расстояние объектива трубы равно $f'_{об}$.

- a) $z' \leq 5\text{мм}$, $D=40\text{мм}$, $f'_{об}=400\text{мм}$;
- b) $z' \leq 10\text{мм}$, $D=50\text{мм}$, $f'_{об}=500\text{мм}$;
- c) $z' \leq 1\text{мм}$, $D=50\text{мм}$, $f'_{об}=600\text{мм}$.

237. Радиус поверхности измеряется с помощью автоколлимационного микроскопа. Найти погрешность измерения, если погрешность одного отсчета по продольной шкале равна $0,005\text{мм}$, а передняя апертура объектива микроскопа равна A .

- a) $A=0,2$;
- b) $A=0,4$;
- c) $A=0,6$.

238. Сферическая поверхность контролируется посредством шаблона с радиусом $r_{ш}$. Просвет между поверхностью и шаблоном оценивается при помощи образца световой щели (рис. 11). Какова разность радиусов шаблона и сферы, если длина хорды, соответствующая участку контроля, равна l , а величина просвета составила t ?

- a) $r_{ш}=40\text{мм}$, $l=50\text{мм}$, $t=6\text{мкм}$;
- b) $r_{ш}=40\text{мм}$, $l=40\text{мм}$, $t=3\text{мкм}$;
- c) $r_{ш}=100\text{мм}$, $l=50\text{мм}$, $t=3\text{мкм}$.

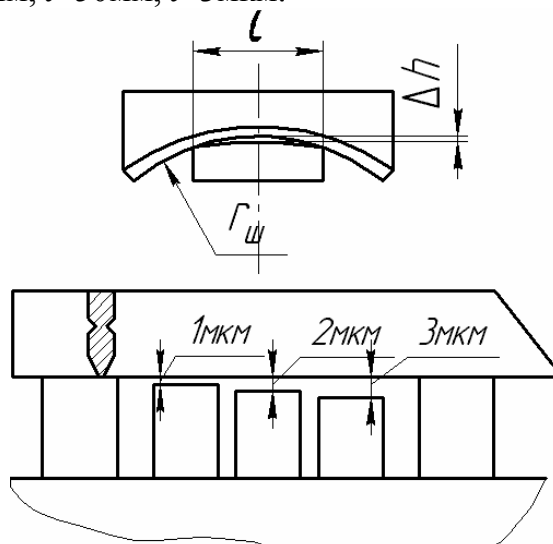


Рис. 11.

239. На кольцевом сферометре, имеющем измерительное кольцо диаметром d , определяется радиус кривизны поверхности линзы r с погрешностью 0,03%. Можно ли воспользоваться для расчета радиуса кривизны приближенной формулой сферометра $r \approx d^2/(4h)$?

- a) $d=20\text{мм}$, $r=70\text{мм}$;
- b) $d=50\text{мм}$ $r=170\text{мм}$;
- c) $d=20\text{мм}$, $r=200\text{мм}$.

240. Для контроля остаточной сферичности плоской поверхности используется наклонная автоколлимационная труба с объективом диаметром 50мм и вспомогательное плоское зеркало (рис. 12). Диаметр детали равен D_0 , угол $\varepsilon=55^\circ$. Чему равна чувствительность метода в волновой мере и в виде наибольшего радиуса кривизны, чувствуемого методом?

- a) $D_0=200\text{мм}$,
- b) $D_0=400\text{мм}$,
- c) $D_0=800\text{мм}$.

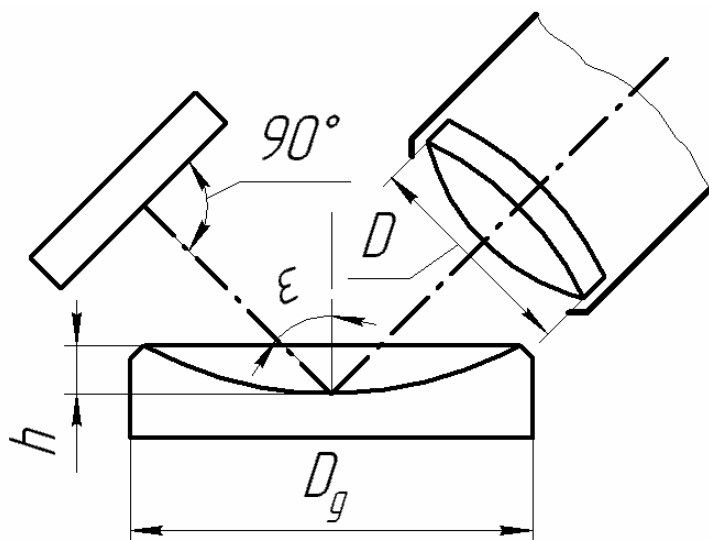


Рис. 12.

241. Отсчетный микроскоп кольцевого сферометра имеет объектив 0,2x8 и окулярный микрометр. Оптическая длина тубуса равна 160мм. Найти погрешность продольной установки объектива относительно сетки окулярного микрометра и всего микроскопа относительно основной шкалы сферометра, если погрешность измерения радиуса кривизны равна $\Delta r/r$.

- a) $\Delta r/r=0,05\%$;
- b) $\Delta r/r=0,08\%$;
- c) $\Delta r/r=0,1\%$.

242. Определить радиус кривизны плоско-выпуклой линзы, если при наблюдении колец Ньютона в отраженном свете с длиной волны 550нм оказалось, что диаметр шестого кольца меньше диаметра сто шестого на величину c .

- a) $c=20\text{мм}$,
- b) $c=30\text{мм}$,
- c) $c=25\text{мм}$.

243. С какой погрешностью можно определить радиус кривизны поверхности линзы r по методу колец Ньютона, если перемещение линзы измеряется на микроскопе с погрешностью 0,05мм, а погрешность установки перекрестия на середину интерференционной полосы равна 0,1 полосы? Счет ведется до 100 колец.

- a) $r=1000\text{мм}$,
- b) $r=4000\text{мм}$,
- c) $r=2500\text{мм}$.

244. Тонкая двояковыпуклая линза диаметром D , изготовленная из стекла К8, имеет радиусы кривизны r_1 и r_2 . При контроле качества ее поверхностей пробными стеклами оказалось, что на сфере r_1 имеется «бугор» величиной N интерференционных колец. Определить приращение фокусного расстояния линзы вследствие действия «бугра».

- a) $D=20\text{мм}$, $r_1=200\text{мм}$, $r_2=-150\text{мм}$, $N=3,5$;
- b) $D=50\text{мм}$, $r_1=200\text{мм}$, $r_2=-150\text{мм}$, $N=3,5$;
- c) $D=50\text{мм}$, $r_1=100\text{мм}$, $r_2=-100\text{мм}$, $N=4$.

245. Диаметр шарика измеряется интерференционным методом с помощью концевой меры и двух стеклянных пластинок располагаемых так, как показано на рис. 13. Между рабочей гранью концевой меры и верхней стеклянной пластинкой образуется воздушный клин. Длина концевой меры равна h , расстояние между ребром воздушного клина и точкой касания шарика C равно l . Чему равен диаметр шарика, если в клине укладывается N интерференционных полос при освещении пучком света с длиной

волны $0,55\text{мкм}$? Чему равна погрешность измерения вследствие ограниченной чувствительности метода?

- a) $h=10\text{мм}$, $N=10$, $l=40\text{мм}$;
- b) $h=10\text{мм}$, $N=5$, $l=40\text{мм}$;
- c) $h=5\text{мм}$, $N=5$, $l=32,5\text{мм}$.

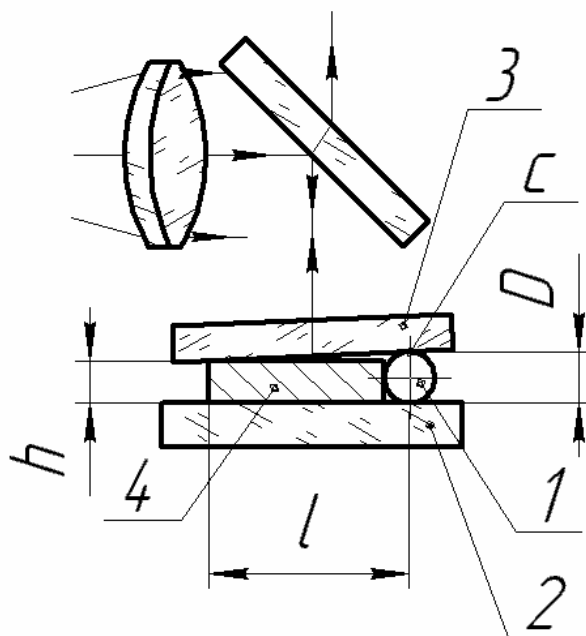


Рис. 13.

246. Радиус кривизны поверхности контролируется рабочим пробным стеклом 2-го класса точности. Пробное стекло имеет $r=(100,00\pm 0,03)\text{мм}$ и диаметр равный D . Интерференционная картина состоит из N интерференционных колец и оценивается с погрешностью 0,5 кольца. Определить радиус поверхности и погрешность измерения.

- a) $D=40\text{мм}$, $N=2$;
- b) $D=50\text{мм}$, $N=3$;
- c) $D=60\text{мм}$, $N=5$.

247. Подобрать объектив отсчетного микроскопа кольцевого сферометра, если радиус кривизны r должен измеряться с погрешностью 0,05%. Измерение выполняется на кольце, диаметр которого равен $(40\pm 0,004)\text{мм}$.

- a) $r=100\text{мм}$,
- b) $r=200\text{мм}$,
- c) $r=300\text{мм}$.

10. КОНТРОЛЬ ДЕЦЕНТРИРОВКИ ЛИНЗ

248. Линза, имеющая радиусы кривизны r_1 и r_2 , толщину d и диаметр 20мм, центрируется на станке, оснащенном трубкой Забелина с разрезанными объективами. Диаметр объективов трубки равен 30мм, передняя апертура половинки объектива равна 0,1. Привести схему контроля и оценить погрешность центрировки, вызванную ограниченной чувствительностью трубки Забелина.

- a) $r_1=20\text{мм}$, $r_2=\infty$, $d=20\text{мм}$;
- b) $r_1=60\text{мм}$, $r_2=\infty$, $d=20\text{мм}$;
- c) $r_1=100\text{мм}$, $r_2=\infty$, $d=30\text{мм}$.

249. Менискообразная линза с радиусами кривизны r_1 и r_2 центрируется с помощью автоколлимационного микроскопа с апертурой 0,2. Чему равна величина остаточной децентрировки линзы, вызванная ограниченной чувствительностью микроскопа?

- a) $r_1=50\text{мм}$, $r_2=200\text{мм}$;
- b) $r_1=40\text{мм}$, $r_2=100\text{мм}$;
- c) $r_1=20\text{мм}$, $r_2=50\text{мм}$.

250. Схема центрировки зрительной трубы включает в себя коллиматор с двумя сетками, одна из которых расположена в фокальной плоскости объектива коллиматора, а вторая нанесена на самом объективе. Труба может располагаться на таком наименьшем расстоянии от коллиматора, которое позволяет величина перефокусировки окулярного тубуса, равная $\pm 45\text{мм}$. Определить расстояние от коллиматора до зрительной трубы, необходимое для получения резкого изображения второй сетки. Определить наименьшую ширину тех и других штрихов, если они должны наблюдаться с максимальным контрастом. Коллиматор имеет объектив с $f'=1400\text{мм}$, $D=140\text{мм}$, объектив зрительной трубы имеет фокусное расстояние $f'_{\text{обзт}}$ и диаметр $D_{\text{обзт}}$.

- a) $f'_{\text{обзт}}=200\text{мм}$, $D_{\text{обзт}}=30\text{мм}$;
- b) $f'_{\text{обзт}}=300\text{мм}$, $D_{\text{обзт}}=30\text{мм}$;
- c) $f'_{\text{обзт}}=100\text{мм}$, $D_{\text{обзт}}=20\text{мм}$.

11. КОНТРОЛЬ ФОРМЫ И КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ

251. Для контроля остаточной сферичности плоской поверхности диаметром D_0 используется метод наклонных труб Максутава. При наклонном падении пучков на сферическую поверхность возникает астигматизм, который измеряется перемещением окулярного тубуса зрительной трубы. Расстояние между меридиональным и сагиттальным изображениями точечного источника составило 0,02мм в пространстве сетки зрительной трубы. Диаметры объективов равны 50мм, угол падения пучков на пластину равен 45° . Найти радиус кривизны поверхности [Русинов ГРс.26].

- a) $D_0=400\text{мм}$,
- b) $D_0=200\text{мм}$,
- c) $D_0=800\text{мм}$.

252. Четырехзеркальным лазерным интерферометром (рис. 14) контролируется плоскостность поверхности детали 1. Искривление полос вследствие вогнутости или выпуклости поверхности определяется при помощи винтового окулярного микрометра 2 с погрешностью 0,1 полосы. Угол падения лучей на поверхность равен ε . Найти чувствительность метода в виде минимальной стрелки прогиба поверхности, чувствуемой методом. Можно ли при заданном угле ε проконтролировать шероховатость поверхности, среднее арифметическое отклонение профиля которой не превышает R_a ? В чем преимущество метода интерференционных измерений в наклонных пучках по сравнению с методом наклонных труб Максутава? Принять $\lambda = 0,6\text{мкм}$.

- a) $\varepsilon=60^\circ$, $R_a=0,06\text{мкм}$;
- b) $\varepsilon=70^\circ$, $R_a=0,16\text{мкм}$;
- c) $\varepsilon=45^\circ$, $R_a=0,06\text{мкм}$.

253. При контроле плоскостей на интерферометре Физо интерференционная картина регулируется путем наклона испытуемой поверхности относительно плоского эталона. Найти чувствительность механизма наклона в угловой мере, если доли полос определяются на глаз, освещение монохроматическое, $\lambda=0,6\text{мкм}$, а диаметр детали может достигать величины D .

- a) $D=100\text{мм}$,
- b) $D=50\text{мм}$,
- c) $D=200\text{мм}$.

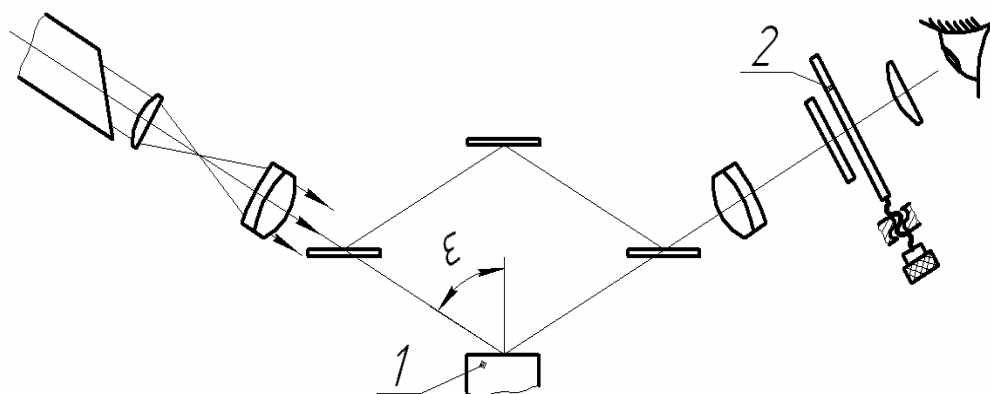


Рис. 14.

254. Сферическая поверхность контролируется на интерферометре, имеющем сферический эталон. Наблюдается проекция интерференционной картины на плоскость, тогда как измерение оптической разности хода должно идти по нормали к поверхности (рис. 15). Радиус кривизны контролируемой поверхности равен r , световой диаметр линзы равен $D_{\text{л}}$. Рассчитать поправку ΔN в числе интерференционных полос для краевой зоны интерференционной картины. Какая погрешность вносится в значение радиуса кривизны, если поправка не введена?

- а) $r=100\text{мм}$, $D_{\text{л}}=30\text{мм}$;
- б) $r=200\text{мм}$, $D_{\text{л}}=50\text{мм}$;
- в) $r=300\text{мм}$, $D_{\text{л}}=50\text{мм}$.

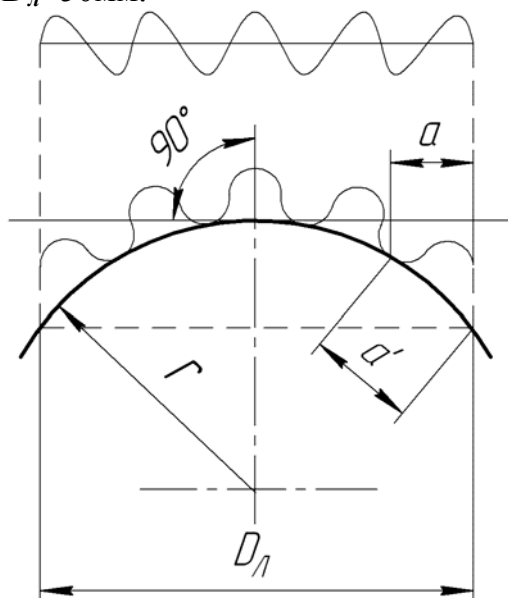


Рис. 15.

255. Вычислить наименьшую толщину воздушной прослойки между поверхностями контролируемой детали и пробного стекла, при которой видна интерференционная картина при освещении монохроматическим светом с $\lambda=0,6\text{мкм}$. Угол падения лучей равен i . По полученным данным вычислить радиус поверхности, если известно, что искомый радиус больше эталонного, а эталон – вогнутый с радиусом $r_{эм}$. Диаметр пробного (эталонного) стекла равен 40мм.

- a) $i=0^\circ$, $r_{эм}=100\text{мм}$;
- b) $i=45^\circ$, $r_{эм}=100\text{мм}$;
- c) $i=45^\circ$, $r_{эм}=40\text{мм}$.

12. ИЗМЕРЕНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК

256. На двухлучевом интерферометре измеряются толщины зеркальных покрытий. Определить диапазон измерения, если используются объективы микроскопа $\beta \times A$. Принять, что снизу диапазон ограничен чувствительностью наводок, а сверху – глубиной резкости, допустимая величина которой равна половине продольного размера дифракционного пятна.

- a) $\beta \times A=8 \times 0,2$;
- b) $\beta \times A=20 \times 0,4$;
- c) $\beta \times A=40 \times 0,6$.

257. Используя данные предыдущей задачи, найти пределы измерения толщины прозрачной пленки с показателем преломления равным n .

- a) $n=1,6$,
- b) $n=1,8$,
- c) $n=2,0$.

258. Для измерения толщины и показателя преломления однослойного просветляющего покрытия используется двухлучевой микроинтерферометр. На испытуемую деталь, имеющую ступеньку «пленка-подложка», нанесена тонкая зеркальная полоска (рис. 16). Скачок интерференционной полосы на границе «пленка-подложка» без зеркального покрытия составил N_1 полос, а на границе «пленка – подложка с зеркальным покрытием» - N_2 полос. Определить результат измерения, включая случайную составляющую погрешности измерения.

- a) $N_1=0,33, N_2=0,48$;
- b) $N_1=0,28, N_2=0,50$;
- c) $N_1=0,25, N_2=0,25$.

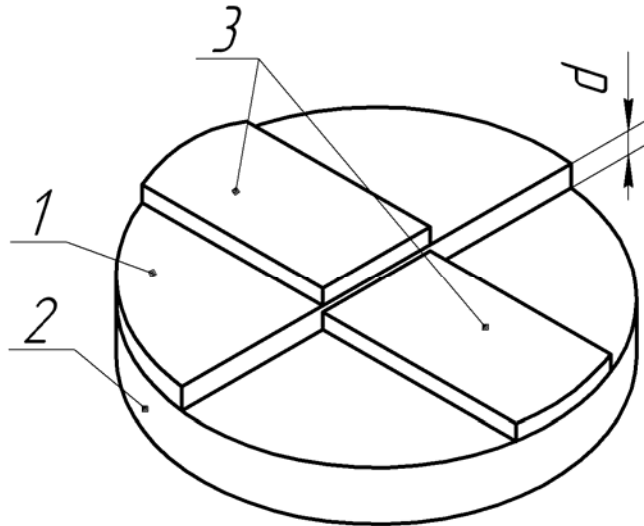


Рис. 16.

259. На двухлучевом микроинтерферометре измеряется толщина просветляющего покрытия с помощью пластинки – свидетеля, на которой имеется ступенька «пленка-подложка». Определить толщину пленки и погрешность измерения, если известно, что величина скачка интерференционной полосы измерялась с помощью окулярного микрометра с ценой деления 0,01 мм и составила величину a . Ширина интерференционной полосы, измеренная с помощью того же микрометра, составила величину b . Показатель преломления покрытия равен $1,65 \pm 0,01$.

- a) $a=2\text{мм}, b=4\text{мм}$;
- b) $a=2\text{мм}, b=2,8\text{мм}$;
- c) $a=5\text{мм}, b=5\text{мм}$.

260. Толщина непрозрачного покрытия измеряется на двойном микроскопе Линника, оснащенный объективами с характеристиками $\beta \times A$ и окулярным микрометром с ценой деления 0,01 мм. Для измерения покрытие выполнено на пластинке-свидетеле в виде ступеньки «пленка – подложка». Расстояние между изображениями щелей, измеренное с помощью окулярного микрометра, составило величину y' . Определить толщину покрытия и погрешность измерения. Микроскопы наклонены под углом 45° к нормали к пленке.

- a) $\beta \times A=8 \times 0,2, y'=0,24\text{мм}$;

- b) $\beta \times A = 20 \times 0,4$, $y' = 1,0$ мм;
- c) $\beta \times A = 40 \times 0,6$, $y' = 4$ мм.

261. Толщина зеркального покрытия измеряется на двойном микроскопе Линника, оснащенном объективами с характеристиками, $\beta \times A$ имеющими поле в пространстве сетки, равное 12 мм. Покрытие нанесено на подложку в виде ступеньки «пленка-подложка». Определить диапазон измерения, если снизу он ограничен разрешающей способностью, а сверху – линейным полем прибора.

- a) $\beta \times A = 8 \times 0,2$;
- b) $\beta \times A = 20 \times 0,4$;
- c) $\beta \times A = 40 \times 0,6$.

262. Толщина прозрачной пленки измеряется на двойном микроскопе Линника, оснащенном объективами с характеристикам $\beta \times A$, имеющими поле в пространстве сетки 12 мм. Определить диапазон измерения, если снизу он ограничен разрешающей способностью, а сверху – линейным полем прибора. Показатель преломления пленки равен n .

- a) $\beta \times A = 8 \times 0,2$, $n = 1,6$;
- b) $\beta \times A = 20 \times 0,4$, $n = 1,8$;
- c) $\beta \times A = 40 \times 0,6$, $n = 2,0$.

263. Толщина металлической пленки, имеющей ступеньку «пленка – подложка», измеряется на двойном микроскопе Линника. Найти погрешность измерения, вызванную ограниченной чувствительностью наводок, если используются микрообъективы $\beta \times A$, а толщина пленки равна 0,03 мм. Углы, составляемые осями микроскопов и нормалью к пластинке, равны 45° .

- a) $\beta \times A = 10 \times 0,3$;
- b) $\beta \times A = 20 \times 0,4$;
- c) $\beta \times A = 40 \times 0,6$.

264. Какую наименьшую толщину непрозрачной пленки можно измерить на двойном микроскопе Линника при использовании объективов с апертурой A , если допустимая погрешность измерения равна 5%?

- a) $A = 0,2$;
- b) $A = 0,3$;
- c) $A = 0,5$.

265. Объяснить метод контроля поверхности с помощью пробного стекла по интерференционным цветам в тонком воздушном слое. Какой ошибке соответствует равномерная окраска данного цвета:

- a) желто-соломенного;
- b) красного;
- c) фиолетового?

13. ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВЫХ ВЕЛИЧИН

266. Найти оптические характеристики микроскопа, предназначенного для считывания показаний с угломерного лимба диаметром 150мм и ценой деления 20', если допустимая погрешность отсчета равна $\Delta\omega$.

- a) $\Delta\omega=5''$;
- b) $\Delta\omega=1,5''$;
- c) $\Delta\omega=10''$.

267. При испытании объектива зрительной трубы с фокусным расстоянием f' была обнаружена остаточная дисторсия, которая выражается зависимостью $\Delta y' = ky'^3$. Для полевого угла $\omega = 1,5^\circ$ величина дисторсии равна 0,02 мм. В пределах какого углового поля можно не вводить поправку на дисторсию, если труба используется для измерения углов со среднеквадратической погрешностью одного измерения σ_ω ?

- a) $f'=200\text{мм}$, $\sigma_\omega=3''$;
- b) $f'=200\text{мм}$, $\sigma_\omega=5''$;
- c) $f'=400\text{мм}$, $\sigma_\omega=2''$.

268. В автоколлиматоре с объективом диаметром D и фокусным расстоянием f' используется окуляр Аббе. Тест-объект в окуляре Аббе смещен относительно оптической оси на величину y . Найти наибольшее расстояние автоколлимационного зеркала от автоколлиматора, если допустимое виньетирование пучка лучей составляет по 50% сверху и снизу. Диаметр зеркала равен D_3 .

- a) $D=70\text{мм}$, $f'=700\text{мм}$, $y=15\text{мм}$, $D_3=70\text{мм}$;
- b) $D=70\text{мм}$, $f'=700\text{мм}$, $y=15\text{мм}$, $D_3=50\text{мм}$;
- c) $D=50\text{мм}$, $f'=500\text{мм}$, $y=10\text{мм}$, $D_3=50\text{мм}$.

269. Найти наибольшее расстояние между объективом автоколлиматора и зеркалом, если измеряются углы поворота зеркала в пределах ± 30 угловых минут. Диаметр зеркала равен диаметру коллиматора и равен D . Допустимое виньетирование пучков лучей составляет 50% сверху и снизу.

- a) $D=70\text{мм}$,
- b) $D=50\text{мм}$,
- c) $D=40\text{мм}$.

270. Автоколлиматор, шкала которого аттестована в линейной мере, используется для измерения углов поворота зеркала. Для вычисления углов применяется приближенная формула: $\varphi \approx y'/(2f')$, где φ - угол поворота зеркала, y' - величина изображения, f' - фокусное расстояние объектива. В пределах какого углового поля влияние погрешности от использования приближенной зависимости будет ничтожно малым, если погрешность измерения не должна превышать величину $\Delta\varphi$?

- a) $\Delta\varphi=10''$, $f'=200\text{мм}$;
- b) $\Delta\varphi=5''$, $f'=400\text{мм}$;
- c) $\Delta\varphi=2''$, $f'=500\text{мм}$.

271. Угол поворота зеркала φ измеряется с помощью автоколлиматора. Определить погрешность измерения, вызванную температурным расширением дюралюминиевого корпуса трубы. Объектив автоколлимационной трубы имеет фокусное расстояние f' , диапазон изменения температуры равен Δt .

- a) $\varphi=40'$, $f'=300\text{мм}$, $\Delta t=\pm 20^\circ$;
- b) $\varphi=30'$, $f'=400\text{мм}$, $\Delta t=\pm 15^\circ$;
- c) $\varphi=30'$, $f'=500\text{мм}$, $\Delta t=\pm 30^\circ$.

272. На рис. 17 изображена схема ультраоптиметра. Цифрами обозначены: 1 – измерительный стержень, 2 – сетка, 3 – окуляр, 4 – объектив, 5 – диафрагма (светящийся крест). Определить передаточное отношение, связывающее перемещение измерительного стержня и перемещение изображения на сетке, если число отражений от подвижного зеркала равно k , а фокусное расстояние объектива равно f' . Чему равно расстояние между штрихами сетки, если цена деления равна c , а длина рычага составляет величину b ?

- a) $k=2$, $f'=300\text{мм}$, $c=0,0002\text{мм}$, $b=4\text{мм}$;
- b) $k=3$, $f'=200\text{мм}$, $c=0,0002\text{мм}$, $b=5\text{мм}$;
- c) $k=4$, $f'=200\text{мм}$, $c=0,0001\text{мм}$, $b=50\text{мм}$.

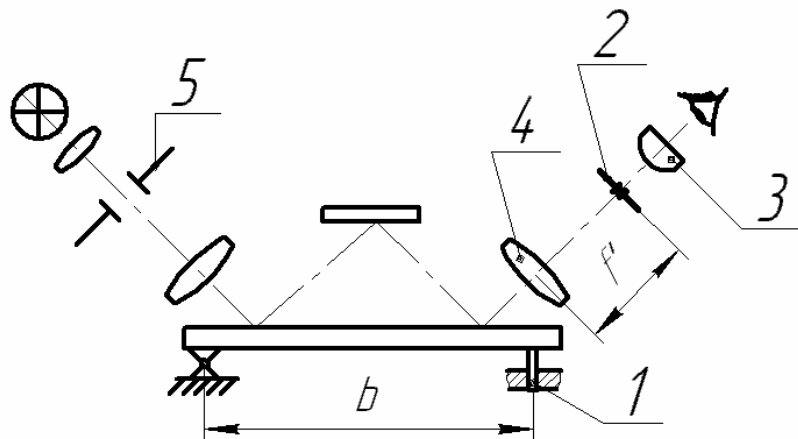


Рис. 17.

273. Угол клина, изготовленного из стекла **K8**, измеряется на интерферометре. Рассчитать допуск на остаточную сферичность граней клина, если погрешность измерения угла клина не должна превышать величины $\Delta\theta$, а размер граней клина равен b .

- a) $\Delta\theta=10''$, $b=20\text{мм}$;
- b) $\Delta\theta=2''$, $b=20\text{мм}$;
- c) $\Delta\theta=1''$, $b=50\text{мм}$.

274. Какую минимальную клиновидность пластины можно обнаружить с помощью автоколлиматора, если диаметр пластины равен D , показатель преломления стекла пластины равен 1.5, а диаметр объектива коллиматора равен D_m ?

- a) $D=20\text{мм}$, $D_m=50\text{мм}$;
- b) $D=50\text{мм}$, $D_m=50\text{мм}$;
- c) $D=80\text{мм}$, $D_m=50\text{мм}$.

275. Автоколлиматор, имеющий окуляр Гаусса, используется для измерения клиновидности пластин. Построить ход лучей в автоколлиматоре. Вычислить угол клина, если пластинка изготовлена из стекла **K8**, фокусное расстояние объектива автоколлиматора равно f' , а между двумя автоколлимационными изображениями укладывается k делений по 0,08мм каждое.

- a) $f'=200\text{мм}$, $k=20$;
- b) $f'=200\text{мм}$, $k=10$;
- c) $f'=300\text{мм}$, $k=10$.

276. Автоколлиматор, имеющий окуляр Аббе, используется для измерения углов поворота зеркала. Построить ход лучей в автоколлиматоре. Вычислить угол поворота зеркала, если известно, что фокусное расстояние объектива автоколлиматора равно f' , а смещение изображения, вызванное поворотом зеркала, равно y' .

- a) $f'=200\text{мм}, y'=5\text{мм};$
- b) $f'=200\text{мм}, y'=1\text{мм};$
- c) $f'=300\text{мм}, y'=1\text{мм}.$

277. Автоколлиматор, имеющий окуляр с куб-призмой, используется для контроля клиновидности пластин. Построить ход лучей в автоколлиматоре. Вычислить угол клина, если известно, что пластина изготовлена из стекла *K8*, фокусное расстояние объектива автоколлиматора равно f' , а расстояние между двумя автоколлимационными изображениями на сетке окуляра равно y' .

- a) $f'=300\text{мм}, y'=2\text{мм};$
- b) $f'=300\text{мм}, y'=1\text{мм};$
- c) $f'=400\text{мм}, y'=2\text{мм}.$

278. Угол клина измеряется с помощью автоколлиматора. Найти величину угла и погрешность его измерения, если угловое расстояние между бликами, отраженными от поверхностей клина, равно $\sigma \pm \Delta\sigma$, а показатель преломления стекла клина равен $n \pm \Delta n$.

- a) $\sigma \pm \Delta\sigma = 10' \pm 10'', n \pm \Delta n = 1,518 \pm 0,005;$
- b) $\sigma \pm \Delta\sigma = 20' \pm 10'', n \pm \Delta n = 1,620 \pm 0,005;$
- c) $\sigma \pm \Delta\sigma = 20' \pm 5'', n \pm \Delta n = 1,518 \pm 0,002.$

279. С какой погрешностью можно измерить угол θ при помощи коллиматора и зрительной трубы с окулярным микрометром, если фокусное расстояние объектива зрительной трубы f' известно с погрешностью 0,2%, а погрешность окулярного микрометра равна 5мкм? Клиновидник изготовлен из стекла *K8*.

- a) $\theta = 10', f' = 200\text{мм};$
- b) $\theta = 15', f' = 300\text{мм};$
- c) $\theta = 30', f' = 300\text{мм}.$

280. Каков показатель преломления стекла клина и погрешность его измерения, если при измерении угла отклонения лучей на автоколлиматоре получена величина $\sigma_1 \pm \Delta\sigma_1$, а при измерении методом трубы и коллиматора – величина $\sigma_2 \pm \Delta\sigma_2$?

- a) $\sigma_1 \pm \Delta\sigma_1 = 36' \pm 10''$, $\sigma_2 \pm \Delta\sigma_2 = 6' \pm 15''$;
- b) $\sigma_1 \pm \Delta\sigma_1 = 21' \pm 10''$, $\sigma_2 \pm \Delta\sigma_2 = 3,5' \pm 15''$;
- c) $\sigma_1 \pm \Delta\sigma_1 = 15' \pm 5''$, $\sigma_2 \pm \Delta\sigma_2 = 2' \pm 10''$.

281. Угол θ клина, изготовленного из стекла с показателем преломления $n \pm \Delta n$, измеряется автоколлимационным методом. Найти погрешность измерения, если погрешность автоколлиматора равна $2''$.

- a) $\theta = 20''$, $n \pm \Delta n = 1,518 \pm 0,005$;
- b) $\theta = 20''$, $n \pm \Delta n = 1,52 \pm 0,05$;
- c) $\theta = 30''$, $n \pm \Delta n = 1,74 \pm 0,05$.

282. Для измерения угла клина, изготовленного из стекла с показателем преломления $1,52 \pm 0,05$, методом многократных отражений его поместили между параллельными светоделительной пластиной и зеркалом. Расстояние между бликом, отраженным от светоделительной пластины, и бликом, полученным в результате k последовательных отражений от зеркала и пластины, измерили с помощью автоколлиматора и получили результат $\sigma \pm \Delta\sigma$. Чему равен результат измерения угла клина?

- a) $k=1$, $\sigma \pm \Delta\sigma = 10' \pm 10''$;
- b) $k=3$, $\sigma \pm \Delta\sigma = 30' \pm 10''$;
- c) $k=5$, $\sigma \pm \Delta\sigma = 3' \pm 10''$.

283. Перед объективом автоколлимационной зрительной трубы диаметром 50мм расположена гипотенузная грань контролируемой призмы БР-180°, изготовленная из стекла **K8**. Размер этой грани в главном сечении равен b . Какое наименьшее отклонение угла призмы от 90° можно обнаружить, рассматривая блики, отраженные от ее катетных граней?

- a) $b=40$ мм,
- b) $b=50$ мм,
- c) $b=80$ мм.

284. На автоколлиматоре методом развертки измеряется разность углов 45° призмы АР-90°. Каков результат измерения, если расстояние между двумя автоколлимационными бликами оказалось равным $\sigma \pm \Delta\sigma$, а показатель преломления равен $1,51 \pm 0,01$?

- a) $\sigma \pm \Delta\sigma = 3' \pm 10''$;
- b) $\sigma \pm \Delta\sigma = 12' \pm 10''$;

с) $\sigma \pm \Delta\sigma = 2' \pm 2''$.

285. С помощью автоколлимационной трубы 1 измеряется угол φ поворота зеркала 2 (рис. 18). Совместно с неподвижными зеркалами 3 и 4 зеркало 2 помещено в жидкость с показателем преломления n . Зеркальное покрытие нанесено также на поверхности защитного стекла 5. Найти точное выражение для угла отклонения лучей σ , отраженных от системы зеркал, в зависимости от угла φ . В пределах какого угла φ можно пользоваться приближенной зависимостью, если погрешность автоколлиматора равна $\Delta\sigma$?

- а) $n=1,333, \Delta\sigma=5''$;
- б) $n=1,515, \Delta\sigma=5''$;
- с) $n=1,65, \Delta\sigma=2''$.

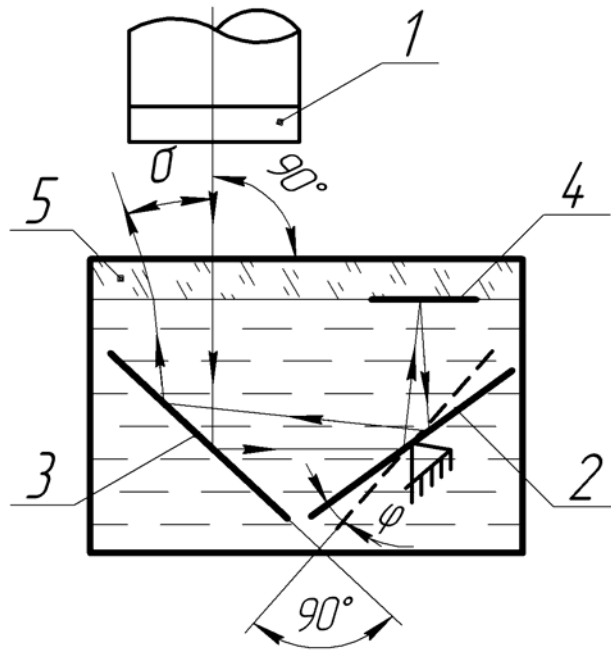


Рис. 18.

286. Найти погрешность стабилизации температуры жидкости в установке, описанной в предыдущей задаче, если показатель преломления жидкости равен n , температурный коэффициент показателя преломления жидкости равен $\partial n / \partial t$, а также известна величина $\varphi \pm \Delta\varphi$.

- a) $n=1,333$, $\frac{\partial n}{\partial \lambda}=5 \times 10^{-4}$, $\varphi \pm \Delta \varphi = 1' \pm 3''$;
- b) $n=1,520$, $\frac{\partial n}{\partial \lambda}=6 \times 10^{-4}$, $\varphi \pm \Delta \varphi = 1'30'' \pm 2''$;
- c) $n=1,650$, $\frac{\partial n}{\partial \lambda}=5 \times 10^{-4}$, $\varphi \pm \Delta \varphi = 1' \pm 5''$.

287. Определить чувствительность метода контроля угла призмы при помощи лекального угольника, если по образцу световой щели (см. нижнюю часть рис. 11) установлено, что минимальный просвет, который замечает глаз при освещении рассеянным светом, равен t , а размер грани призмы в главном сечении равен b . Пояснить с помощью чертежа, во сколько раз может повыситься чувствительность метода, если для наблюдения использовать лупу с увеличением Γ .

- a) $t=2\text{мкм}$, $b=30\text{мм}$, $\Gamma=4^{\times}$;
- b) $t=2\text{мкм}$, $b=40\text{мм}$, $\Gamma=5^{\times}$;
- c) $t=3\text{мкм}$, $b=50\text{мм}$, $\Gamma=7^{\times}$.

288. Какова погрешность метода контроля угла 90° призмы при помощи стеклянного угольника, если отсчет интерференционных полос производится с погрешностью ΔN , а размеры катетных граней призмы одинаковы и в главном сечении равны b ?

- a) $\Delta N=0,5$, $b=30\text{мм}$;
- b) $\Delta N=0,5$, $b=50\text{мм}$;
- c) $\Delta N=0,3$, $b=20\text{мм}$.

289. Привести принципиальную схему прибора, служащего для измерения клиновидности пластин по методу интерференционных полос равной толщины. Определить максимальный диаметр апертурной диафрагмы прибора, если длина волны равна $0,6\text{мкм}$, толщина измеряемой пластины равна d , показатель преломления пластины - n , а фокусное расстояние объектива - f .

- a) $d=1\text{мм}$, $n=1,5$, $f=100\text{мм}$;
- b) $d=2\text{мм}$, $n=1,5$, $f=200\text{мм}$;
- c) $d=3\text{мм}$, $n=1,6$, $f=200\text{мм}$.

290. Для измерения угла клина, изготовленного из стекла К8, ($n_e=1,5183$), используется интерферометр Физо без эталонной пластины. На интерференционной картине видны N интерференционных полос. Определить угол клина и погрешность его измерения, если число полос определяется с погрешностью $0,1$ полосы, а расстояние между первой и N -й полосой измерено с помощью микрометра и равно $l \pm \Delta l$.

- a) $N=5$, $l \pm \Delta l = (20 \pm 0,0025) \text{ мм}$;
- b) $N=3$, $l \pm \Delta l = (30 \pm 0,005) \text{ мм}$;
- c) $N=4$, $l \pm \Delta l = (40 \pm 0,005) \text{ мм}$.

291. Для измерения угла θ клина, изготовленного из стекла марки К8 ($n_e=1,5183$), используется метод полос равной толщины. Число полос подсчитывается на длине l с погрешностью 0,1 полосы. Погрешность измерения величины l равна Δl . Освещение монохроматическое, $\lambda=0,6 \text{ мкм}$. Определить, с какой погрешностью должен быть задан показатель преломления стекла, если допустимая погрешность измерений равна $\Delta \theta$.

- a) $\theta \pm \Delta \theta = 20'' \pm 0,2''$, $l \pm \Delta l = (50 \pm 0,05) \text{ мм}$;
- b) $\theta \pm \Delta \theta = 18'' \pm 0,3''$, $l \pm \Delta l = (50 \pm 0,01) \text{ мм}$;
- c) $\theta \pm \Delta \theta = 30'' \pm 0,5''$, $l \pm \Delta l = (30 \pm 0,01) \text{ мм}$.

292. Угол клина измеряется методом полос равной толщины на интерферометре Физо. Клинь помещен в воздушном зазоре между вспомогательной и эталонной пластинами. Диаметр клина меньше диаметра эталонной и вспомогательной пластин. На отрезке $l \pm \Delta l$ укладывается N_1 интерференционных полос между деталью и эталоном и N_2 полос между эталонной и вспомогательной пластинами. Определить угол клина и погрешность его измерения, если число полос определяется с погрешностью 0,1 полосы.

- a) $l \pm \Delta l = (20 \pm 0,01) \text{ мм}$, $N_1=5$, $N_2=10$;
- b) $l \pm \Delta l = (30 \pm 0,01) \text{ мм}$, $N_1=6$, $N_2=4$;
- c) $l \pm \Delta l = (50 \pm 0,005) \text{ мм}$, $N_1=5$, $N_2=10$.

293. Клиновидность пластин, изготовленных из стекла марки К8, контролируется методом колец равного наклона. Найти угол клина и погрешность его измерения, если число N исчезнувших или появившихся колец подсчитывается с погрешностью 0,1 полосы, а перемещение каретки равно $l \pm \Delta l$. Освещение монохроматическое, $\lambda=0,6 \text{ мкм}$. Исходя из критерия ничтожных погрешностей, указать пределы допустимого отклонения показателя преломления пластин для получения рассчитанной погрешности.

- a) $l \pm \Delta l = (50 \pm 0,5) \text{ мм}$, $N=5$;
- b) $l \pm \Delta l = (50 \pm 0,1) \text{ мм}$, $N=5$;
- c) $l \pm \Delta l = (60 \pm 0,1) \text{ мм}$, $N=8$.

294. С какой погрешностью можно измерить угол клина θ диаметром D при помощи коллиматора и зрительной трубы с окулярным микрометром, если диаметр коллиматора равен 100мм, диаметр зрительной трубы равен 50мм, фокусное расстояние объектива зрительной трубы равно (400 ± 2) мм? Цена деления окулярного микрометра равна 0,01мм, показатель преломления стекла клина - $n \pm \Delta n$. Учесть чувствительность метода.

- a) $\theta = 20'$, $D = 30$ мм, $n \pm \Delta n = 1,520 \pm 0,001$;
- b) $\theta = 20'$, $D = 30$ мм, $n \pm \Delta n = 1,744 \pm 0,005$;
- c) $\theta = 10'$, $D = 60$ мм, $n \pm \Delta n = 1,520 \pm 0,005$.

295. Угол клина со световым диаметром D измеряется с помощью автоколлиматора, имеющего шкалу, оцифрованную в угловой мере. Расстояние между бликами, отраженными от первой и второй поверхностей клина, составляет величину σ . Автоколлиматор имеет объектив с диаметром 50мм и с фокусным расстоянием 500мм. Показатель преломления стекла клина равен $n \pm \Delta n$. Определить угол клина и погрешность измерения, вызванную ограниченной чувствительностью наводок и погрешностью показателя преломления.

- a) $D = 20$, $\sigma = 20'$, $n \pm \Delta n = 1,520 \pm 0,005$;
- b) $D = 40$, $\sigma = 10'$, $n \pm \Delta n = 1,520 \pm 0,005$;
- c) $D = 60$, $\sigma = 10'$, $n \pm \Delta n = 1,650 \pm 0,001$.

296. Угол призмы равный 90° контролируется при помощи стеклянного угольника. На катетной грани призмы видны N интерференционных полос. Каково отступление угла призмы от 90° и какова погрешность измерения, если расстояние между N полосами измерено и равно $l \pm \Delta l$, а чувствительность наведения равна 0,2 полосы?

- a) $N = 5$, $l \pm \Delta l = (30 \pm 0,5)$ мм;
- b) $N = 3$, $l \pm \Delta l = (40 \pm 0,5)$ мм;
- c) $N = 10$, $l \pm \Delta l = (40 \pm 0,1)$ мм.

297. Угол призмы измеряется на гониометре с помощью автоколлимационной зрительной трубы. Найти погрешность измерения, вызванную ограниченной чувствительностью наводок, если размеры граней призмы в главном сечении равны a и b , диаметр объектива трубы равен 60мм, а совмещение штрихов при наведении – биссекториальное.

- a) $a = 50$ мм, $b = 50$ мм;

- b) $a=40\text{мм}$, $b=50\text{мм}$;
- c) $a=60\text{мм}$, $b=40\text{мм}$.

14. ИЗМЕРЕНИЕ СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗРИТЕЛЬНЫХ ТРУБ И МИКРОСКОПОВ

298. Зрительная труба, имеющая характеристики Γ , $f_{об}$, D , используется для продольных измерений. Продольная шкала имеет диапазон $\pm 50\text{мм}$, цену деления 1мм и нониус для отсчета десятых долей миллиметра. Определить, с какой погрешностью может быть измерено расстояние $t=20\text{м}$. Учесть случайную погрешность наведения.

- a) $\Gamma=15^{\times}$, $f_{об}=300\text{мм}$, $D=30\text{мм}$;
- b) $\Gamma=20^{\times}$, $f_{об}=400\text{мм}$, $D=40\text{ мм}$;
- c) $\Gamma=10^{\times}$, $f_{об}=150\text{мм}$, $D=30\text{ мм}$

299. Контролируемая диоптрийная шкала окуляра имеет диапазон $\pm 6\text{дптр}$. и цену деления $\Delta z\text{дптр}$. Какие характеристики должна иметь диоптрийная трубка, используемая для контроля, если погрешность контроля не должна превышать $0,1$ цены деления? Привести схему измерения. Определить диапазон перемещения выбранного объектива диоптрийной трубки, погрешность этого перемещения в миллиметрах, цену деления шкалы в миллиметрах.

- a) $\Delta z=0,5\text{дптр}$,
- b) $\Delta z=0,25\text{дптр}$,
- c) $\Delta z=0,125\text{дптр}$.

300. Привести схему измерения увеличения телескопической системы при помощи микроскопа-динаметра. Подобрать микроскоп-динаметр при условии, что погрешность измерения не превышает $0,1\%$, а характеристики телескопической системы известны: Γ , D , 2ω .

- a) $\Gamma=12^{\times}$, $D=36\text{мм}$, $2\omega=5^{\circ}$;
- b) $\Gamma=20^{\times}$, $D=50\text{мм}$, $2\omega=3^{\circ}$;
- c) $\Gamma=30^{\times}$, $D=50\text{мм}$, $2\omega=3^{\circ}$.

301. Увеличение зрительной трубы измеряется на гониометре. Какова должна быть погрешность гониометра, если требуемая погрешность измерения равна $0,1\%$, а характеристики зрительной трубы следующие: увеличение равно Γ , диаметр объектива – D , угловое поле

- 2ω . Чему равна чувствительность метода? Принять, что шкала коллиматора аттестовывалась на том же гониометре.

a) $\Gamma=10^\circ$, $D=30\text{мм}$, $2\omega=5^\circ$;

b) $\Gamma=20^\circ$, $D=50\text{мм}$, $2\omega=3^\circ$;

c) $\Gamma=20^\circ$, $D=40\text{мм}$, $2\omega=3^\circ$.

302. Привести схему и объяснить метод измерения увеличения объектива микроскопа с помощью объект-микрометра. Записать рабочую формулу метода и формулу погрешности. Чем определяется чувствительность метода?

303. Построить ход лучей через системы микроскопа и вспомогательной зрительной трубки, используемой для определения увеличения микроскопа по методу Юдина. Вывести рабочую формулу метода и формулу погрешности.

304. При измерении увеличения микроскопа методом Юдина передний фокус объектива вспомогательной трубки должен совпадать с задним фокусом микроскопа. Привести схему контроля указанного совмещения фокусов.

305. В поле зрительной трубы укладывается 72 сантиметровых деления рейки, расположенной на расстоянии 20м. Вычислить угол поля и установить допуск на неперпендикулярность рейки относительно оптической оси трубы, если допустимая погрешность измерения угла поля равна 5%.

15. ИЗМЕРЕНИЕ СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТООБЪЕКТИВОВ

306. Предложить схему измерения углового поля фотообъектива, предназначенного для съемок в воде, если он имеет плоское защитное стекло, передняя поверхность которого граничит с водой. Наибольшее расстояние, при котором возможна съемка, равно 7м, фокусное расстояние объектива f' , размер кадра 24x36. Привести параметры схемы, формулу для расчета угла поля и формулу погрешности.

a) $f'=20\text{мм}$,

b) $f'=40\text{мм}$,

с) $f^*=50\text{мм}$.

307. Фокусное расстояние объектива контролируется с помощью автоколлиматора путем дополнения объектива до трубы Галилея. Определить погрешность контроля по следующим данным: фокусное расстояние испытуемого объектива f^* , фокусное расстояние дополнительного объектива $f_{\text{дон}} \pm \Delta f_{\text{дон}}$. В поле зрения автоколлиматора видны: одно деление увеличенного изображения шкалы и m делений уменьшенного изображения. Доли деления определяются «на глаз» с погрешностью, равной 0,1 деления.

- а) $f^*=100\text{мм}$, $f_{\text{дон}} \pm \Delta f_{\text{дон}}=(-20 \pm 0,1)\text{мм}$;
- б) $f^*=50\text{мм}$, $f_{\text{дон}} \pm \Delta f_{\text{дон}}=(-20 \pm 0,1)\text{мм}$;
- с) $f^*=-20\text{мм}$, $f_{\text{дон}} \pm \Delta f_{\text{дон}}=(100 \pm 0,1)\text{мм}$.

308. На гониометре измеряется дисторсия фотообъектива с фокусным расстоянием f^* , относительным отверстием $1:K$, угловым полем 2ω путем наводки зрительной трубы гониометра на изображения штрихов калиброванной сетки квадратов. Какова погрешность измерения, если погрешность калибрования сетки равна 2мкм, а доминирующая погрешность измерения угла – чувствительность наведения?

- а) $f^*=100\text{мм}$, $K=6$, $2\omega=90^\circ$;
- б) $f^*=100\text{мм}$, $K=7$, $2\omega=100^\circ$;
- с) $f^*=50\text{мм}$, $K=6$, $2\omega=100^\circ$.

309. Дисторсия фотообъектива, предназначенного для съемки с конечного расстояния, определяется путем фотографирования экрана с сеткой квадратов. Какие требования необходимо предъявить к измерению сетки квадратов, если допустимая погрешность измерения дисторсии равна 0,01%? Объектив имеет фокусное расстояние f^* , относительное отверстие $1:K$, угловое поле 2ω , линейное увеличение β .

- а) $f^*=100\text{мм}$, $K=7$, $2\omega=90^\circ$, $\beta=-0,1^x$;
- б) $f^*=100\text{мм}$, $K=6$, $2\omega=90^\circ$, $\beta=-0,15^x$;
- с) $f^*=50\text{мм}$, $K=7$, $2\omega=100^\circ$, $\beta=-0,12^x$.

310. Дисторсия объектива измеряется методом вращения объектива вокруг задней узловой точки с использованием автоколлимационного микроскопа в пространстве изображений и плоского зеркала в пространстве предметов. Определить погрешность измерения, вызванную чувствительностью наводок. Объектив имеет фокусное

расстояние f' , относительное отверстие $1:K$, угловое поле 2ω . Передняя апертура объектива микроскопа равна 0,2.

- a)
- b) $f'=100\text{мм}$, $K=6$, $2\omega=90^\circ$;
- c) $f'=120\text{мм}$, $K=8$, $2\omega=80^\circ$;
- d) $f'=50\text{мм}$, $K=6$, $2\omega=100^\circ$.

311. Подобрать параметры схемы для непосредственного измерения на оптической скамье фокусного расстояния объектива со следующими данными: фокусное расстояние f' , относительное отверстие $1:K$. Оценить погрешность измерения, учитывая погрешность наведения и погрешность совмещения задней узловой точки с осью вращения.

- a) $f'=50\text{мм}$, $K=2,5$;
- b) $f'=100\text{мм}$, $K=5$;
- c) $f'=200\text{мм}$, $K=4,5$.

312. Фокусное расстояние объектива измеряется на гониометре путем наводки зрительной трубы гониометра на штрихи сетки квадратов, расположенной в широкоугольном коллиматоре. Расстояние между штрихами сетки квадратов аттестовано и равно $(10\pm 0,003)\text{мм}$. Зрительная труба гониометра имеет увеличение Γ , фокусное расстояние объектива f' , диаметр объектива D . Испытуемый объектив имеет фокусное расстояние $f'_{\text{исп}}$ и относительное отверстие $1:5$. Найти погрешность измерения, вызванную ограниченной чувствительностью наводок и указанными погрешностями параметров.

- a) $\Gamma=20^\times$, $f'=400\text{мм}$, $D=40\text{мм}$, $f'_{\text{исп}}=100\text{мм}$;
- b) $\Gamma=10^\times$, $f'=300\text{мм}$, $D=30\text{мм}$, $f'_{\text{исп}}=100\text{мм}$;
- c) $\Gamma=20^\times$, $f'=400\text{мм}$, $D=50\text{мм}$, $f'_{\text{исп}}=90\text{мм}$.

313. С какой погрешностью можно измерить фокусное расстояние объектива методом Фабри-Юдина (двойная щель располагается перед объективом, желательно вблизи переднего фокуса испытуемого объектива, и освещается параллельными пучками), если расстояние между щелями измерено с погрешностью 0,3%, фокусное расстояние объектива зрительной трубы измерено с погрешностью 0,05%, а наводка осуществляется биссекториальным способом? Испытуемый объектив имеет фокусное расстояние $f'_{\text{исп}}$, относительное отверстие $1:K$. Зрительная труба имеет увеличение Γ , диаметр объектива D , фокусное расстояние объектива f' . Расстояние между щелями равно 3мм.

- a) $f_{ucn}=60\text{мм}$, $K=2$, $\Gamma=10^x$, $D=30\text{мм}$, $f^*=200\text{мм}$;
- b) $f_{ucn}=100\text{мм}$, $K=5$, $\Gamma=10^x$, $D=30\text{мм}$, $f^*=200\text{мм}$;
- c) $f_{ucn}=250\text{мм}$, $K=5$, $\Gamma=10^x$, $D=40\text{мм}$, $f^*=400\text{мм}$.

314. Фокусное расстояние объектива измеряется с помощью фокометра Фабри-Юдина. С какой погрешностью необходимо аттестовать расстояние между щелями, если фокусное расстояние должно быть измерено с погрешностью 0,1%? Испытуемый объектив имеет фокусное расстояние f_{ucn} , относительное отверстие 1:K. Зрительная труба имеет увеличение Γ , диаметр объектива D , фокусное расстояние объектива $f^*=(250\pm 0,2)\text{мм}$. Расстояние между щелями равно 4мм. Учесть случайную погрешность наведения.

- a) $f_{ucn}=50\text{мм}$, $K=2$, $\Gamma=15^x$, $D=25\text{мм}$;
- b) $f_{ucn}=100\text{мм}$, $K=2$, $\Gamma=20^x$, $D=30\text{мм}$;
- c) $f_{ucn}=1000\text{мм}$, $K=5$, $\Gamma=20^x$, $D=40\text{мм}$.

315. При измерении фокусного расстояния на фокометре Аббе объект величиной $(15\pm 0,001)\text{мм}$ ставится сначала в одном положении вблизи объектива, а затем смещается на величину $(10\pm 0,002)\text{мм}$. Испытуемый объектив дает изображения величиной y'_1 и y'_2 для первого и второго положения соответственно. Измерение производится с помощью микроскопа с апертурой объектива 0,2. Наведение – биссекториальное. Определить фокусное расстояние объектива и погрешность измерения.

- a) $y'_1=12\text{мм}$, $y'_2=14\text{мм}$;
- b) $y'_1=13\text{мм}$, $y'_2=14\text{мм}$;
- c) $y'_1=16\text{мм}$, $y'_2=15,5\text{мм}$.

316. Фокусное расстояние линзы диаметром D измеряется методом трубы и коллиматора. Коллиматор имеет фокусное расстояние 1000мм, диаметр 100мм. Зрительная труба имеет увеличение Γ , фокусное расстояние объектива $f_{обзм}$, диаметр объектива $D_{зм}$. Величина перефокусировки окуляра зрительной трубы равна 3мм, цена деления продольной шкалы равна 0,1мм. Определить фокусное расстояние линзы и погрешность измерения.

- a) $D=60\text{мм}$, $\Gamma=20^x$, $f_{обзм}=500\text{мм}$, $D_{зм}=50\text{мм}$;
- b) $D=50\text{мм}$, $\Gamma=10^x$, $f_{обзм}=200\text{мм}$, $D_{зм}=20\text{мм}$;
- c) $D=100\text{мм}$, $\Gamma=15^x$, $f_{обзм}=400\text{мм}$, $D_{зм}=40\text{мм}$.

317. Сила линз диаметром D измеряется с помощью зрительной трубы и коллиматора. Коллиматор имеет диаметр 140мм и фокусное

расстояние объектива 1600мм. Зрительная труба имеет увеличение Γ , фокусное расстояние объектива $f_{обзт}$, диаметр объектива $D_{зт}$. Длина фокусирующей шкалы зрительной трубы равна ± 25 мм. Определить диапазон измерения и погрешность измерения, вызванную ограниченной чувствительностью наводок.

- a) $D=40$ мм, $\Gamma=20^{\times}$, $f_{обзт}=400$ мм, $D_{зт}=50$ мм;
- b) $D=50$ мм, $\Gamma=20^{\times}$, $f_{обзт}=400$ мм, $D_{зт}=40$ мм;
- c) $D=50$ мм, $\Gamma=10^{\times}$, $f_{обзт}=250$ мм, $D_{зт}=30$ мм.

318. Фокусное расстояние объектива измеряется на фококоллиматоре. Величина изображения в фокальной плоскости испытуемого объектива составила $2y'$, соответствующее расстояние между штрихами на сетке коллиматора равно $2y$, фокусное расстояние объектива коллиматора равно f_k . Чему равно фокусное расстояние испытуемой системы и погрешность его измерения, если погрешность окулярного микрометра равна 0,005мм?

- a) $2y'=5$ мм, $2y=10$ мм, $f_k=600$ мм;
- b) $2y'=10$ мм, $2y=20$ мм, $f_k=400$ мм;
- c) $2y'=2$ мм, $2y=10$ мм, $f_k=600$ мм.

319. Подобрать микроскоп для измерения фокусного расстояния объектива прямым методом, если погрешность измерения не должна превышать величины $\Delta f'$. Привести схему измерения. Какие движения необходимо предусмотреть для выполнения измерения?

- a) $\Delta f'=0,1$ мм,
- b) $\Delta f'=0,05$ мм,
- c) $\Delta f'=0,02$ мм.

320. Фокусное расстояние объектива измеряется методом Фабри-Юдина. Метод заключается в измерении расстояния между изображениями двух щелей, установленных примерно в переднем фокусе испытуемого объектива. Щели изображаются испытуемым объективом и объективом дополнительной зрительной трубы на сетке зрительной трубы. С какой погрешностью можно выполнить измерение, если расстояние между щелями равно $a \pm \Delta a$, величина изображения измеряется с погрешностью 0,3%, фокусное расстояние объектива зрительной трубы известно с погрешностью 0,15%?

- a) $a \pm \Delta a = (5 \pm 0,01)$ мм,
- b) $a \pm \Delta a = (2 \pm 0,005)$ мм,
- c) $a \pm \Delta a = (3 \pm 0,001)$ мм.

16. ИЗМЕРЕНИЕ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

321. Рассчитать пространственные частоты двух мир, используемых при контроле фотографической разрешающей способности широкоугольного объектива с конечного расстояния $L=5\text{м}$. Одна из мир расположена в центре поля, вторая – на краю. Разрешающая способность фотоматериала равна 100л/мм . Объектив имеет фокусное расстояние f' , диафрагменное число K , угловое поле 2ω . Для края поля вычислить отдельно частоты вертикальных и горизонтальных штрихов.

- a) $f'=100\text{мм}$, $K=6$, $2\omega=90^\circ$;
- b) $f'=50\text{мм}$, $K=5$, $2\omega=90^\circ$;
- c) $f'=200\text{мм}$, $K=7$, $2\omega=60^\circ$.

322. Визуальная разрешающая способность объектива измеряется с помощью щита с мирами, расположенного на расстоянии 10м от объектива. Микроскоп имеет перемещение по осям x и y . Объектив имеет фокусное расстояние f' , диафрагменное число K , угловое поле 2ω и качество изображения, близкое к идеальному. Подобрать компоненты схемы, рассчитать частоту мира, расположенной в центре поля.

- a) $f'=200\text{мм}$, $K=2$, $2\omega=15^\circ$;
- b) $f'=100\text{мм}$, $K=1,5$, $2\omega=40^\circ$;
- c) $f'=50\text{мм}$, $K=3$, $2\omega=50^\circ$.

323. Контроль фотографической разрешающей способности широкоугольного объектива осуществляется с помощью коллиматора путем поворота объектива вокруг задней узловой точки. В качестве тест-объекта используется секторная мира, состоящая из 36 секторов. На фотопленке размеры размытой части изображения оказались равными: вертикальный – d_g , горизонтальный – d_z для углового поля ω . Определить фотографическую разрешающую способность объектива для угла ω . Ввести поправки на перспективные искажения и пояснить причины искажений.

- a) $d_g=0,4\text{мм}$, $d_z=0,3\text{мм}$, $\omega=45^\circ$;
- b) $d_g=0,2\text{мм}$, $d_z=0,3\text{мм}$, $\omega=30^\circ$;
- c) $d_g=0,5\text{мм}$, $d_z=0,5\text{мм}$, $\omega=30^\circ$.

324. На оптической скамье измерялась разрешающая способность телескопической системы. Предельно разрешаемым оказался квадрат №25 на мире №2, что соответствует разрешающей способности 100л/мм в плоскости мира. Привести схему контроля и определить разрешающую способность испытуемой системы в угловой мере, если фокусное расстояние коллиматора равно f' .

- a) $f'=500\text{мм}$;
- b) $f'=1000\text{мм}$;
- c) $f'=1400\text{мм}$.

325. В процессе определения фотографической разрешающей способности испытуемый объектив поворачивается вокруг своей задней узловой точки. Положение плоскости изображения определяется по матовому стеклу путем перемещения мира. Найти величину дополнительного перемещения мира при контроле во внеосевой точке, если известно, что объектив имеет фокусное расстояние f' , диафрагменное число K , угловое поле 2ω . Фокусное расстояние объектива коллиматора равно 1000мм.

- a) $f'=50\text{мм}$, $K=2$, $2\omega=60^\circ$;
- b) $f'=100\text{мм}$, $K=2$, $2\omega=30^\circ$;
- c) $f'=60\text{мм}$, $K=3$, $2\omega=50^\circ$.

326. Измеряется визуальная разрешающая способность очковой линзы по полю. Подобрать компоненты схемы, если линза имеет диаметр D и силу Φ . Принять, что очки располагаются на расстоянии 12мм от зрачка глаза, а диаметр зрачка глаза равен 4мм. Привести две схемы измерения: для осевой и для внеосевой точки объекта. Какие движения необходимо предусмотреть, чтобы провести измерение во внеосевой точке?

$D=50\text{мм}$, $\Phi=+5\text{дптр.}$;

$D=60\text{мм}$, $\Phi=+6\text{дптр.}$;

$D=60\text{мм}$, $\Phi=-7\text{дптр.}$

327. Измерение фотографической разрешающей способности широкоугольного фотообъектива осуществляется с помощью коллиматора с фокусным расстоянием 1000мм путем поворота объектива вокруг вертикальной оси. Объектив имеет фокусное расстояние f' , полевой угол 2ω , диафрагменное число K . По результатам расчета объектив имеет для угла ω разрешающую способность ν'_ω для вертикального и ν'_ω для горизонтального

направления штрихов. Какой частоты миру необходимо установить в коллиматоре для контроля при угле ω ? Учесть перспективные искажения изображения вследствие наклона пленки по отношению к оси.

- a) $f^* = 100 \text{ мм}$, $2\omega = 90^\circ$, $K = 7$, $\nu'_g = 20 \text{ л/мм}$, $\nu_z \leq 15 \text{ л/мм}$;
- b) $f^* = 50 \text{ мм}$, $2\omega = 60^\circ$, $K = 3$, $\nu'_g = 50 \text{ л/мм}$, $\nu_z \leq 25 \text{ л/мм}$;
- c) $f^* = 50 \text{ мм}$, $2\omega = 50^\circ$, $K = 2$, $\nu'_g = 70 \text{ л/мм}$, $\nu_z \leq 70 \text{ л/мм}$.

328. Привести схему и подобрать компоненты установки для контроля визуальной разрешающей способности фотообъектива с фокусным расстоянием f^* и диафрагменным числом K . Рассчитать частоту миры для контроля в центре поля. Какие подвижки необходимо предусмотреть при контроле по полю? Рассчитать, насколько надо передвинуть микроскоп при контроле разрешающей способности для угла ω .

- a) $f^* = 100 \text{ мм}$, $K = 2,5$, $\omega = 25^\circ$;
- b) $f^* = 50 \text{ мм}$, $K = 2$, $\omega = 30^\circ$;
- c) $f^* = 35 \text{ мм}$, $K = 2,8$, $\omega = 30^\circ$.

329. Найти характеристики оптических компонентов установки для контроля фотографической разрешающей способности фотообъектива с диафрагменным числом K и диаметром зрачка D . Рассчитать частоту миры для центра поля.

- a) $K = 2,8$, $D = 18 \text{ мм}$;
- b) $K = 2$, $D = 25 \text{ мм}$;
- c) $K = 3$, $D = 30 \text{ мм}$.

330. Определить характеристики компонентов установки для контроля разрешающей способности окуляра с фокусным расстоянием f^* и диаметром выходного зрачка D' . Привести схему контроля и рассчитать частоту миры для центра поля. Какие подвижки необходимо предусмотреть для контроля по полю?

- a) $f^* = 50 \text{ мм}$, $D' \leq 12 \text{ мм}$;
- b) $f^* = 30 \text{ мм}$, $D' \leq 10 \text{ мм}$;
- c) $f^* = 15 \text{ мм}$, $D' \leq 4 \text{ мм}$.

331. На расстоянии a от безаберрационной зрительной трубы с увеличением Γ и диаметром входного зрачка D расположена абсолютно контрастная решетка. Она имеет штрихи и промежутки одинаковой ширины. Найти шаг решетки, которая может быть

разрешена при непосредственном наблюдении через зрительную трубу.

- a) $a=15\text{м}$, $\Gamma=10^x$, $D=30\text{мм}$;
- b) $a=20\text{м}$, $\Gamma=10^x$, $D=40\text{мм}$;
- c) $a=10\text{м}$, $\Gamma=4^x$, $D=20\text{мм}$.

332. Подобрать компоненты установки для измерения разрешающей способности бинокля с увеличением Γ и диаметром объективов D . Привести схему установки, рассчитать частоту миры. Какие движения используются при контроле?

- a) $\Gamma=6^x$, $D=30\text{мм}$;
- b) $\Gamma=8^x$, $D=24\text{мм}$;
- c) $\Gamma=10^x$, $D=50\text{мм}$.

333. Подобрать компоненты, привести схему установки, рассчитать частоту миры для контроля разрешающей способности зрительной трубы, имеющей увеличение Γ , диаметр объектива D , угловое поле 2ω . Какие движения используются при контроле?

- a) $\Gamma=20^x$, $D=50\text{мм}$, $2\omega=3^\circ$;
- b) $\Gamma=30^x$, $D=60\text{мм}$, $2\omega=3^\circ$;
- c) $\Gamma=10^x$, $D=50\text{мм}$, $2\omega=8^\circ$.

334. Привести схему установки, подобрать компоненты и рассчитать частоту миры для измерения разрешающей способности объектива микроскопа. Объектив микроскопа имеет увеличение β и апертуру A .

- a) $\beta=40^x$, $A=0,65$;
- b) $\beta=20^x$, $A=0,40$;
- c) $\beta=60^x$, $A=0,85$.

335. Контролируется разрешающая способность объектива микроскопа $\beta \times A$ автоколлимационным методом. Рассчитать частоту миры, подобрать окуляр и автоколлимационное зеркало. Привести схему контроля. Величины $\beta \times A$ равны:

- a) $40 \times 0,6$,
- b) $20 \times 0,3$,
- c) $60 \times 0,7$.

336. Подобрать компоненты схемы контроля разрешающей способности объектива микроскопа $\beta \times A$ не автоколлимационным

методом. Привести схему контроля, рассчитать частоту миры. Величины $\beta \times A$ равны:

- a) $100 \times 0,9$;
- b) $40 \times 0,6$;
- c) $20 \times 0,3$.

17. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ «ПО ЗВЕЗДЕ»

337. Подобрать компоненты для контроля качества защитного стекла диаметром D по методу наблюдения дифракционного изображения точки. Привести схему установки, рассчитать размер точки.

- a) $D=40\text{мм}$,
- b) $D=100\text{мм}$,
- c) $D=150\text{мм}$.

338. Качество изображения объектива зрительной трубы, имеющего фокусное расстояние f' , диафрагменное число K , угловое поле 2ω , контролируется путем наблюдения дифракционного изображения точки. Привести схему установки, рассчитать характеристики элементов схемы, определить размер точечной диафрагмы.

- a) $f'=400\text{мм}$, $K=5$, $2\omega=2^\circ$;
- b) $f'=600\text{мм}$, $K=10$, $2\omega=2^\circ$;
- c) $f'=200\text{мм}$, $K=5$, $2\omega=6^\circ$.

339. Подобрать компоненты схемы для визуального контроля качества изображения фотообъектива путем наблюдения дифракционного изображения точки. Объектив имеет фокусное расстояние f' , диафрагменное число K , угловое поле 2ω . Рассчитать размер точечной диафрагмы. Какие движения необходимо предусмотреть для наблюдения внеосевой точки?

- a) $f'=140\text{мм}$, $K=3$, $2\omega=15^\circ$;
- b) $f'=100\text{мм}$, $K=3$, $2\omega=30^\circ$;
- c) $f'=50\text{мм}$, $K=2,5$, $2\omega=50^\circ$.

340. Качество изображения фотообъектива определяется автоколлимационным методом по виду дифракционного изображения точки. Найти характеристики компонентов схемы и размер точечной диафрагмы, если известно, что объектив имеет фокусное расстояние f' ,

диафрагменное число K , угловое поле 2ω . Какие движения необходимо предусмотреть для контроля во внеосевой точке?

- a) $f'=200\text{мм}$, $K=4$, $2\omega=30^\circ$;
- b) $f'=300\text{мм}$, $K=5$, $2\omega=15^\circ$;
- c) $f'=50\text{мм}$, $K=2$, $2\omega=50^\circ$.

341. Качество изображения репродукционного объектива контролируется методом наблюдения дифракционного изображения точки. Объектив имеет фокусное расстояние f' , диафрагменное число K , угловое поле 2ω , линейное увеличение β . Привести схему установки, найти характеристики элементов схемы, рассчитать размер точечной диафрагмы. Какие движения необходимо предусмотреть для контроля по полю?

- a) $f'=150\text{мм}$, $K=5$, $2\omega=60^\circ$, $\beta=1^x$;
- b) $f'=100\text{мм}$, $K=4$, $2\omega=60^\circ$, $\beta=1^x$;
- c) $f'=50\text{мм}$, $K=2$, $2\omega=60^\circ$, $\beta=0,2^x$.

342. Определить характеристики компонентов установки для визуального контроля по методу дифракционного изображения точки окуляра с фокусным расстоянием f' и диаметром выходного зрачка D' . Привести схему контроля и рассчитать размер точечной диафрагмы для центра поля. Какие подвижки необходимо предусмотреть для контроля по полю?

- a) $f'=50\text{мм}$, $D'=12\text{мм}$;
- b) $f'=30\text{мм}$, $D'=10\text{мм}$;
- c) $f'=15\text{мм}$, $D'=4\text{мм}$.

343. Подобрать компоненты установки для визуального контроля по методу дифракционного изображения точки бинокля с увеличением Γ и диаметром объективов D . Привести схему установки, рассчитать размер точечной диафрагмы для контроля в центре поля. Какие подвижки используются при контроле?

- a) $\Gamma=6^x$, $D=30\text{мм}$;
- b) $\Gamma=8^x$, $D=24\text{мм}$;
- c) $\Gamma=10^x$, $D=50\text{мм}$.

344. Подобрать компоненты и привести схему установки для контроля зрительной трубы по методу дифракционного изображения точки. Труба имеет увеличение Γ и диаметр объектива D . Рассчитать размер

точечной диафрагмы для контроля в центре поля. Какие подвижки используются при контроле?

- a) $\Gamma=20^x$, $D=50\text{мм}$;
- b) $\Gamma=30^x$, $D=60\text{мм}$;
- c) $\Gamma=10^x$, $D=50\text{мм}$.

345. Подобрать компоненты и привести схему контроля объектива микроскопа по методу дифракционного изображения точки. Рассчитать размер точечной диафрагмы. Объектив микроскопа имеет увеличение β и апертуру A .

- a) $\beta=40^x$, $A=0,65$;
- b) $\beta=20^x$, $A=0,40$;
- c) $\beta=60^x$, $A=0,85$.

346. Контролируется объектив микроскопа $\beta \times A$ по виду дифракционного изображения точки автоколлимационным методом. Привести схему контроля, рассчитать размер точечной диафрагмы, подобрать окуляр и автоколлимационное зеркало. Величины $\beta \times A$ равны:

- a) $40 \times 0,6$,
- b) $20 \times 0,3$,
- c) $60 \times 0,7$.

18. ИЗМЕРЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

347. Частотно-контрастная характеристика фотообъектива контролируется методом сканирования щелью изображения миры с прямоугольным профилем штрихов. Объектив имеет фокусное расстояние f' , диафрагменное число K , угловое поле 2ω . Подобрать характеристики компонентов схемы и рассчитать максимальную частоту миры, необходимую для контроля, если известно, что объектив работает в области пространственных частот, составляющей 1/5 часть от предельной. Какова должна быть ширина сканирующей щели для этой частоты?

- a) $f'=200\text{мм}$, $K=3,5$, $2\omega=30^\circ$;
- b) $f'=100\text{мм}$, $K=2,8$, $2\omega=30^\circ$;
- c) $f'=50\text{мм}$, $K=2$, $2\omega=30^\circ$.

348. Функция рассеяния линии фотообъектива контролируется методом сканирования изображения щели узкой щелевой диафрагмой. Подобрать компоненты схемы, если объектив имеет фокусное расстояние f' , диафрагменное число K , угловое поле 2ω . Рассчитать ширину щели, стоящей в качестве тест-объекта, и ширину сканирующей щели.

- a) $f'=200\text{мм}$, $K=4$, $2\omega=25^\circ$;
- b) $f'=50\text{мм}$, $K=2,8$, $2\omega=30^\circ$;
- c) $f'=32\text{мм}$, $K=3,5$, $2\omega=50^\circ$.

349. Функция концентрации энергии в пятне рассеяния объектива измеряется с помощью постепенно увеличивающихся в диаметре круглых отверстий. Привести схему измерения, подобрать компоненты схемы и рассчитать размеры диафрагм, если фокусное расстояние испытуемого объектива равно f' , а диафрагменное число равно K .

- a) $f'=1000\text{мм}$, $K=5$;
- b) $f'=500\text{мм}$, $K=3$;
- c) $f'=100\text{мм}$, $K=2$.

Приложение 1. УВЕЛИЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ. ПРОДОЛЬНЫЕ И ПОПЕРЕЧНЫЕ РАЗМЕРЫ В РЕАЛЬНЫХ ЕДИНИЦАХ. МАЛЫЕ РАЗМЕРЫ В ВОЛНОВОЙ МЕРЕ И В КАНОНИЧЕСКИХ ЕДИНИЦАХ

Нулевое или параксиальное увеличение оптической системы, величины полей и апертур – обобщенные формулы

Здесь и далее речь пойдет о переносе некоторых размеров из пространства предметов в пространство изображений при условии, что оптическая система идеальна, т.е. свободна от дисторсии, неизопланатизма и аберраций. Кроме того, в оптической системе отсутствует виньетирование. В этом случае единственной масштабной характеристикой оптической системы является нулевое или параксиальное увеличение. Формула, связывающая размеры в плоскости предметов и в плоскости изображений, имеет вид:

$$V = y'/y,$$

где V – обобщенное параксиальное увеличение оптической системы, y и y' – обобщенные размеры на предмете и изображении.

Зрачковые координаты также связаны через увеличение, но через обратное увеличение [19, с.39]:

$$V = p/p',$$

где V – обобщенное параксиальное увеличение оптической системы, p и p' – обобщенные размеры на зрачках.

В частности для полных размеров зрачков будет справедливо выражение:

$$V = A/A',$$

где A и A' – передняя и задняя обобщенные апертуры оптической системы.

Во всех приведенных выше формулах участвуют обобщенные величины, пригодные для любой оптической системы. Их нужно

раскрывать в соответствии с правилами, принятыми при введении обобщенных характеристик [19, с. 24, 28]. Так, обобщенное увеличение раскрывается как f – переднее фокусное расстояние для систем типа “фотообъектив”, Γ – видимое увеличение для систем типа “зрительная труба”, $1/f_m$ – обратное заднее фокусное расстояние для систем типа “микроскоп” и β – линейное или поперечное увеличение для систем типа “репродукционный объектив”.

Если предмет (изображение) находится на конечном расстоянии, то размеры на предмете (изображении) линейны и измеряются в миллиметрах. Апертуры и любые размеры на зрачках при этом угловые. Угловые апертуры равны: $A = n \sin \sigma_A \approx \sigma_A$ (при малых углах σ_A и $n \approx 1$) – передняя апертура и

$A' = n' \sin \sigma'_A \approx \sigma'_A$ (при малых углах σ'_A и $n' \approx 1$) – задняя апертура.

Если предмет (изображение) находится на бесконечности, то его рассматривают из центра входного (выходного) зрачка и определяют его величину тангенсом угла, под которым предмет (изображение) виден из центра зрачка: $y = \tan \omega$ и $y' = \tan \omega'$. Малый размер на предмете (изображении) может быть выражен непосредственно углом ω (ω'). Апертуры и любые размеры на зрачках при этом линейны. Линейные апертуры равны: $nD/2 = D/2$ (при $n \approx 1$) – передняя апертура и $n'D'/2 = D'/2$ (при $n' \approx 1$) – задняя апертура.

Увеличение сложной системы находится как произведение увеличений компонентов:

$$V_{\text{общ}} = V_1 \cdot V_2 \cdot V_3 \cdot \dots \cdot V_n,$$

где $V_1, V_2, V_3 \dots V_n$ – обобщенные увеличения компонентов оптической системы.

$V_{\text{общ}}$ – обобщенное увеличение сложной системы.

Расчет малых продольных и поперечных размеров по дифференциальным формулам

Малые сопряженные величины связаны друг с другом через продольное или поперечное увеличение дифференциальными формулами:

$$V = \Delta y' / \Delta y \text{ – для малых поперечных размеров,}$$

$$V^2 = (-1)^{\text{ОВ+ИМ}} \Delta z' / \Delta z \text{ – для малых продольных размеров.}$$

Здесь V – обобщенное увеличение оптической системы,

$\Delta y'$ и Δy – обобщенные малые поперечные размеры, измеряются в тех же единицах, что и величины предмета и изображения;

$\Delta z'$ и Δz – обобщенные малые продольные размеры в пространстве предметов и изображений. Если предмет (изображение) находится на конечном расстоянии, то продольные размеры измеряются в миллиметрах, если – на бесконечности, то они берутся обратные отрезки от центра зрачка до предмета (изображения) в обратных миллиметрах, т.е. в килодиоптриях, или в обратных метрах – диоптриях;

$OV+IM$ – сумма признаков положения предмета и изображения («0» – на бесконечности, «1» – на конечном расстоянии).

Малые размеры в волновой мере и в канонических единицах

Волновая мера и канонические единицы используются для малых продольных и поперечных размеров с целью получить общие для любой оптической системы и любого пространства единицы измерения [19, с.40]. Выраженные в этих единицах размеры не зависят от положения предмета и изображения, от увеличения, от величины апертуры и длины волны. Они характеризуют внешние по отношению к оптической системе воздействия: смещения, действие источника, приемника, объекта, метода измерения. В волновых и канонических единицах удобно сравнивать величины, относящиеся к разным оптическим системам. Помимо этого, размеры, выраженные в волновой мере, можно сравнивать независимо от того, продольные они или поперечные.

Критерием оценки величин, выраженных в волновой мере, может служить критерий Релея – визуальная чувствительность глаза к искажению волнового фронта, принятая равной $\frac{1}{4}$ длины волны.

Приблизительно одной канонической единице равен размер центрального дифракционного максимума в изображении линии идеальной оптической системой – «размер дифракционного изображения линии», поэтому можно говорить о поперечных размерах, выраженных в канонических единицах, как о размерах в долях дифракционного размера линии.

Продольные размеры, выраженные в канонических единицах, можно сравнивать с размером дифракционного изображения точки в продольном направлении, равном четырем продольным каноническим единицам.

Формулы перехода к каноническим единицам для малых *поперечных* размеров имеют вид:

Для конечного расстояния до предмета (изображения):

$$\eta(\text{кан.ед.}) = \Delta y(\text{мм}) \cdot A / \lambda(\text{мм}),$$

где η , Δy – малый поперечный размер,

A – апертура,

λ – длина волны.

Для бесконечно большого расстояния до предмета (изображения):

$$\eta(\text{кан.ед.}) = \Delta \omega(\text{рад}) \cdot (D/2)_{\text{мм}} / \lambda(\text{мм}),$$

где η , $\Delta \omega$ – малый поперечный размер,

$D/2$ – апертура,

λ – длина волны.

Формулы перехода к каноническим единицам для малых *продольных* размеров:

Для конечного расстояния до предмета (изображения):

$$\kappa(\text{кан.ед.}) = \Delta z(\text{мм}) \cdot A^2 / \lambda(\text{мм}),$$

где κ , Δz – малый продольный размер,

λ – длина волны,

A – апертура.

Для бесконечно большого расстояния до предмета (изображения):

$$\kappa(\text{кан.ед.}) = \Delta z(1/\text{мм}) \cdot (D/2)^2_{\text{мм}^2} / \lambda(\text{мм}),$$

где κ , Δz – малый продольный размер,

λ – длина волны,

$D/2$ – апертура.

Формулы перехода к волновой мере можно записать, используя предыдущие выражения:

Для малых поперечных размеров:

$$\Delta W = 2\eta,$$

где ΔW – малый размер в волновой мере (в числе длин волн),
 η – малый поперечный размер в канонических единицах.

Для малых продольных размеров:

$$\Delta W = \kappa/2,$$

где ΔW – малый размер в волновой мере (в числе длин волн),
 κ – малый продольный размер в канонических единицах.

Приложение 2. РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ГЛАЗА

В 1937 году А. Арнюльфом были выполнены измерения разрешающей способности глаза, которые не потеряли своей ценности до сих пор. Объектом измерения служила мира Фуко с различной яркостью фона и различным контрастом. Результаты опыта приведены, в работе [Fabry Charles., Arnulf Albert. La vision dans les instruments, Ed. de la Revue d'Optique, 1937] и в работах [14, с.332; 24, с.58]. Графики зависимости разрешающей способности глаза от диаметра зрачка при яркости объекта $B=1480\text{кд/м}^2$ приведены на рис.19. По оси абсцисс отложены диаметры зрачка глаза в миллиметрах, а по оси ординат – разрешающая способность глаза в минутах. Цифрами около кривых обозначен контраст объекта. Пунктиром показана дифракционная разрешающая способность глаза для двух линий, вычисленная при $\lambda=0,546\cdot 10^{-3}\text{мм}$, по формуле $\varepsilon=\lambda/d(\text{рад})=\lambda/0,000291d(\text{мин.})$.

По графикам (рис.19) видно, что при малых зрачках диаметром до 2мм действует дифракция, а при больших диаметрах разрешение падает по сравнению с дифракционным разрешением. Это явление объясняется влиянием размеров колбочек, а также действием aberrаций оптической системы глаза.

Весьма полезными могут оказаться графики, на которых разрешающая способность глаза представлена в волновой мере (рис.20). Буквой «к» обозначен контраст объекта.

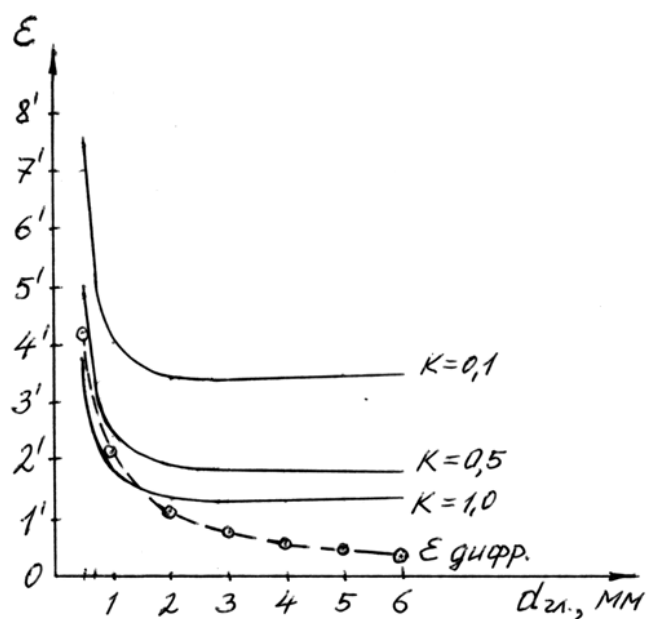


Рис.19. Экспериментальная разрешающая способность глаза при яркости объекта $V=1480 \text{ кд/м}^2$

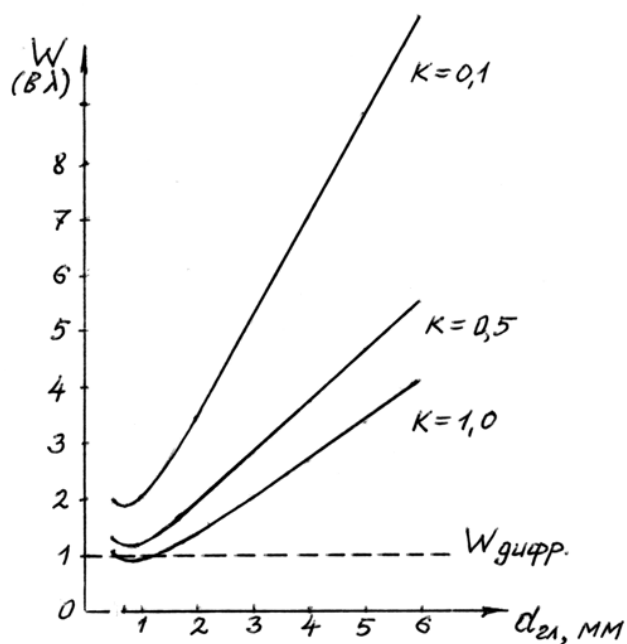


Рис.20. Экспериментальная разрешающая способность глаза в числе длин волн при яркости объекта $V=1480 \text{ кд/м}^2$

На графике хорошо видна область наилучшей разрешающей способности глаза – при диаметрах зрачка ($\frac{1}{2} \div 2$) мм.

Приложение 3. КОНТРАСТ ИЗОБРАЖЕНИЯ ТОНКИХ ШТРИХОВ И СВЕЯЩИХСЯ ЩЕЛЕЙ

Постановка задачи

Рассматриваются штрихи сеток и шкал и узкие светящиеся щели, ширина которых меньше ширины центрального максимума идеальной функции рассеяния линии (размера ФРЛ). Размер ФРЛ равен 1,13 канонических единиц в любом пространстве и для любой оптической системы с круглым зрачком (для систем с квадратным зрачком он равен 1,0). В действительных единицах его лучше вычислять в том пространстве, в котором расположен штрих, для удобства сравнения действительного размера ФРЛ с шириной штриха. Действительный размер ФРЛ равен $1,13\lambda/A$, где A – апертура оптической системы в том пространстве, в котором расположен штрих.

При уменьшении ширины штриха, начиная с размера штриха, равного размеру ФРЛ, ширина изображения не будет изменяться, поскольку она не может быть меньше дифракционной. Интенсивность изображения будет падать. Для светлого штриха на темном фоне это явление показано на рис.21. На рисунке по оси абсцисс отложены координаты в канонических единицах, одинаковые в пространстве предметов и пространстве изображений, а по оси ординат – интенсивность на предмете (пунктиром) и изображении (сплошные линии).

Зная ширину штриха, необходимо найти кривую распределения интенсивности в изображении штриха или хотя бы интенсивность в центре изображения. Существует несколько подходов к решению задачи.

Решение задачи, базирующееся на вычислении интеграла свертки ФРЛ с функцией объекта

Теория построения изображения тонкого светлого штриха, базирующаяся на вычислении интеграла свертки нормированной по интенсивности ФРЛ и функции объекта, приведена, например, в [9, с.21; 16, с.291]. Распределение интенсивности на объекте описывается функцией-прямоугольником – $\text{rect}(\eta)$. Распределение интенсивности на изображении вычисляется с помощью интеграла:

$$I'_{св}(\eta') = \int_{-\infty}^{\infty} s(\eta' - \eta) \text{rect}(\eta) d\eta,$$

где $I'_{св}(\eta')$ – интенсивность на изображении,

$s(\eta')$ – нормированная ФРЛ,

$\text{rect}(\eta)=1$ при $-t/2 < \eta < t/2$ и равна 0 в остальных случаях,

t – ширина штриха в канонических единицах,

η, η' – канонические координаты на объекте и изображении соответственно.

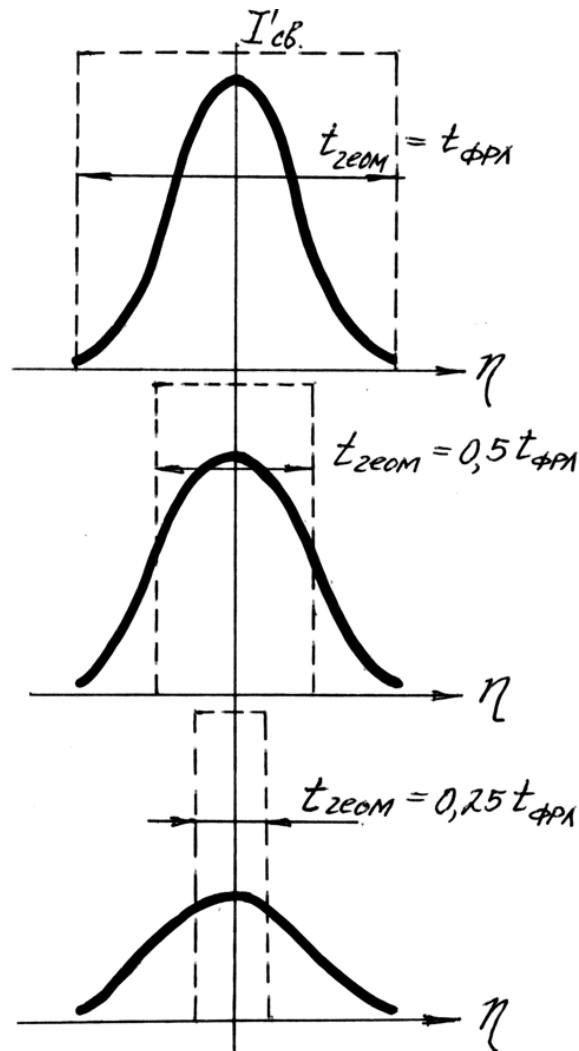


Рис.21. Интенсивность в изображении светлого штриха при ширине штриха меньше размера ФРЛ

Поскольку функция объекта $rect(\eta)$ отлична от нуля только на ограниченном промежутке и равна единице на этом промежутке, уравнение свертки можно записать в виде:

$$\Gamma'_{св}(\eta') = \int_{-\frac{t}{2}}^{\frac{t}{2}} s(\eta' - \eta) d\eta$$

Последнее уравнение представляет собой функцию от η' , называемую пограничной кривой. Подставляя пределы интегрирования, получаем:

$$\Gamma'_{св}(\eta') = H(\eta' - t/2) - H(\eta' + t/2),$$

где $H(\eta')$ – пограничная кривая.

Таким образом, распределение интенсивности в изображении тонкого светлого штриха может быть вычислено как разность двух пограничных кривых, смещенных на величину ширины штриха. Указанная операция иллюстрируется рис.22.

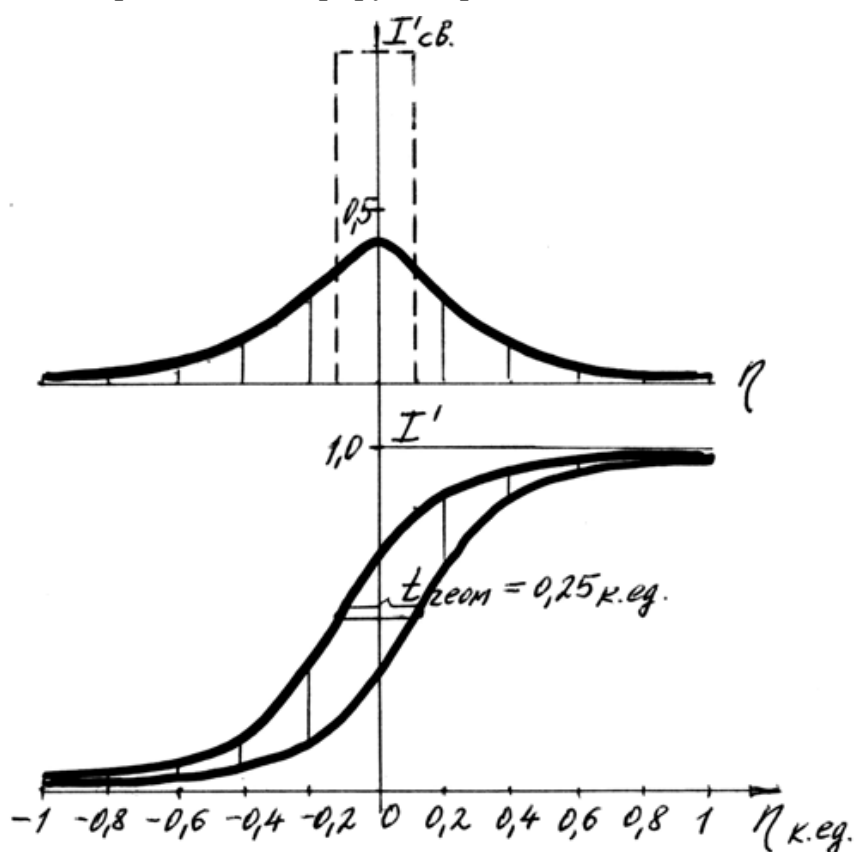


Рис.22. Графическое решение интеграла свертки

Отрезки ординат, заключенные между смещенными пограничными кривыми, дают значения интенсивности в изображении тонкого светлого штриха. Верхняя часть рисунка 22 показывает распределение интенсивности на предмете и изображении.

Можно ограничиться вычислением только интенсивности в центре изображения для разных размеров штрихов и получить зависимость интенсивности в центре изображения от размера штриха. Результаты расчета представлены на графике (рис.23).

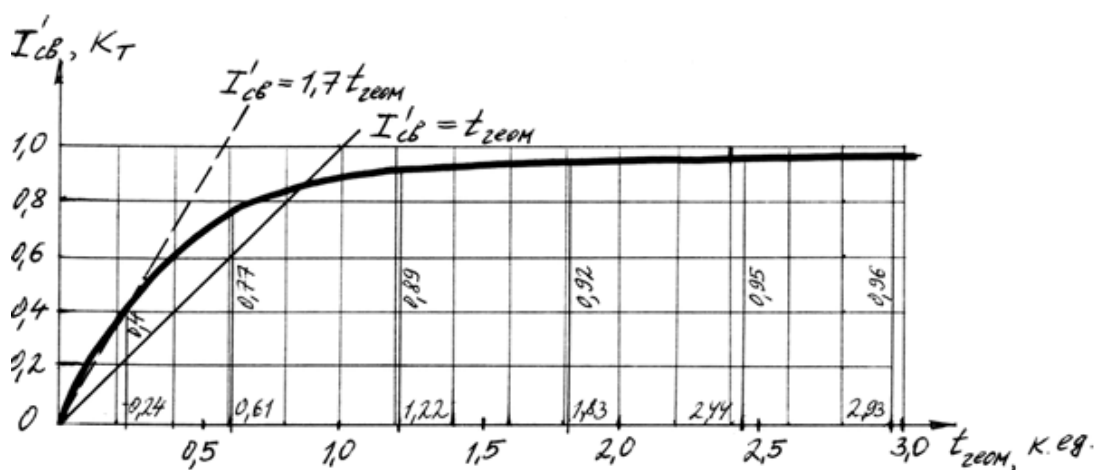


Рис.23. Зависимость интенсивности в центре изображения светлого штриха от размера штриха

На графике (рис.23) по оси абсцисс отложена ширина штрихов в канонических единицах. По оси ординат отложена интенсивность в центре изображения светлого штриха.

Приближенное решение задачи с помощью закона сохранения энергии

Приближенное решение задачи по вычислению интенсивности в центре изображения тонкого штриха дается, например, в [4, с.271; 13, с.92]. Воспользуемся понятием эквивалентной ширины ФРЛ и законом сохранения энергии, считая, что вся энергия сосредоточена в центральном дифракционном пятне. На рис.24 показана замена площади под кривой ФРЛ площадью прямоугольника путем введения эквивалентной ширины ФРЛ – $t_{э\kappa\text{в}}$. Эквивалентная ширина выбрана такой, что площадь под кривой ФРЛ в пределах центрального максимума и площадь прямоугольника, опирающегося на $t_{э\kappa\text{в}}$,

одинаковы. Эквивалентная ширина ФРЛ оказывается равной приблизительно 0,5 от размера ФРЛ.

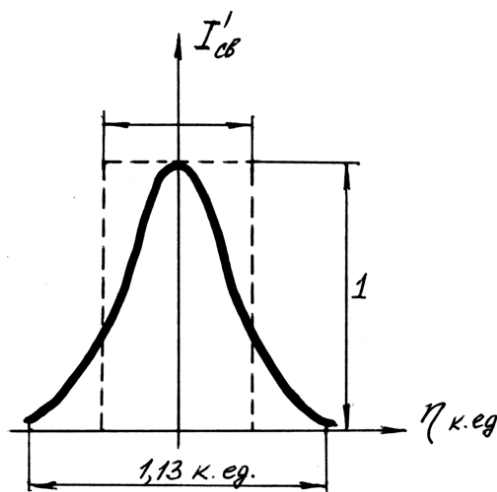


Рис.24. Замена площади под ФРЛ прямоугольником

По закону сохранения энергии при переходе от объекта к изображению получим:

$$I'_{св} \cdot t_{экв} = I_0 \cdot t_{геом},$$

где $I'_{св}$ – интенсивность в центре изображения светлого штриха,

$t_{экв}$ – эквивалентная ширина ФРЛ,

I_0 – интенсивность объекта,

$t_{геом}$ – геометрическая ширина штриха.

Размерность ширины штриха и размерность эквивалентной ширины ФРЛ должны быть одинаковы. Интенсивность объекта $I_0 = 1$. Поэтому отношение $t_{геом}/t_{экв} = I'_{св}$ – интенсивности в центре изображения светлого штриха. Зная, что $t_{экв} = 0,5 t_{ФРЛ}$, а размер ФРЛ равен 1,13 канонических единиц, окончательно имеем:

$$I'_{св} = t_{геом}/t_{экв} = t_{геом}/0,5t_{ФРЛ} = 2t_{геом}/1,13 = 1,7t_{геом}.$$

График уравнения $I'_{св} = 1,7t_{геом}$ представляет собой прямую линию, показанную на рис.23 пунктиром. Прямая дает приближенное значение $I'_{св}$ по заданному геометрическому размеру штриха, при малых штрихах достаточно точное. По рис.23 видно, что можно взять даже уравнение $I'_{св} = t_{геом}$ [5, с.8; 24, с.93], хотя при этом погрешность величины $I'_{св}$ будет достигать 20%. Приближенный способ решения задачи применим для штрихов $t_{геом} < t_{экв}$ т.е. применим для размеров штрихов, меньших $0,5t_{ФРЛ} \approx 0,5 \text{ кан.ед.}$

Контраст в изображении тонких штрихов

Контраст в изображении малого объекта определяется по формуле:

$$k' = (\Gamma'_{\max} - \Gamma'_{\min}) / \Gamma'_{\max}.$$

Интенсивность в центре изображения **светлого штриха** $\Gamma'_{\max}$ может быть найдена по графику (рис. 23). Если при этом $\Gamma'_{\min} = 0$, то контраст в изображении светлого штриха окажется равным единице. В этом случае вместо контраста изображение характеризуют величиной падения интенсивности в центре изображения по сравнению с интенсивностью объекта – отношением $\Gamma'_{\max} / I_0$. При $I_0 = 1$ указанное отношение равно $\Gamma'_{\max} = \Gamma'_{\text{св}}$.

Для правильного вычисления контраста в изображении тонкого светлого штриха необходимо знать относительную величину фона и приравнять ее величине $\Gamma'_{\min}$. Получим:

$$k'_{\text{св}} = (\Gamma'_{\max} - \Gamma'_{\min}) / \Gamma'_{\max} = (\Gamma'_{\text{св}} + \Gamma'_{\text{ф}} - \Gamma'_{\text{ф}}) / (\Gamma'_{\text{св}} + \Gamma'_{\text{ф}}) = \Gamma'_{\text{св}} / (\Gamma'_{\text{св}} + \Gamma'_{\text{ф}}).$$

Падение интенсивности в центре изображения **темного штриха** на светлом фоне определяется величиной $\Gamma'_{\min} / I_0 = \Gamma'_{\min} = 1 - \Gamma'_{\text{св}}$ (см. рис.25).

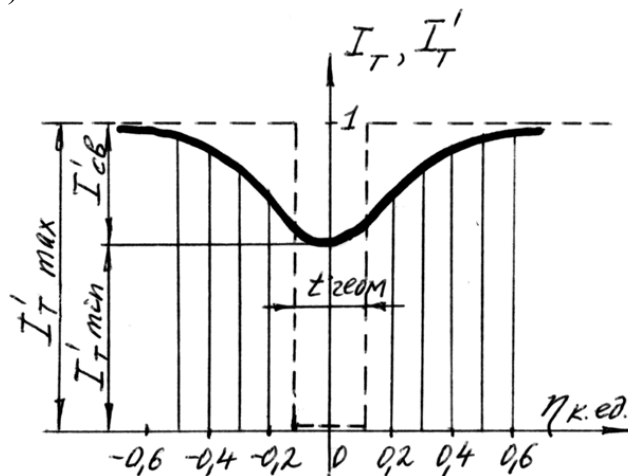


Рис.25. Распределение интенсивности в изображении тонкого темного штриха на светлом фоне

Контраст в изображении темного штриха равен:

$$k'_T = (\Gamma'_{\max} - \Gamma'_{\min}) / \Gamma'_{\max} = (1 - \Gamma'_{\min}) / 1 = 1 - \Gamma'_{\min} = 1 - (1 - \Gamma'_{\text{св}}) = \Gamma'_{\text{св}}.$$

Эту величину можно снять с графика (рис.23) или рассчитать по приближенным формулам, приведенным выше.

ЛИТЕРАТУРА

1. Апенко М.И., Запрягаева Л.А., Свешникова И.С. Задачник по прикладной оптике: Учебное пособие. – 2-е изд. – М.: Высш. школа, 2003.
2. Афанасьев В.А. Оптические измерения. – 3-е изд., – М.: Высш.школа, 1981.
3. Витриченко Э.А. Методы исследования астрономической оптики. – М.: Наука, 1980.
4. Вычислительная оптика: Справочник/ Под редакцией Русинова М.М. – Л.: Машиностроение, 1984.
5. Зверев В.А., Сокольский М.Н. Чувствительность подвижек при сборке и юстировке оптических приборов. Учебное пособие. – Л.: изд. ЛИТМО, 1980.
6. Коломийцев Ю.В. Интерферометры. – Л.: Машиностроение, 1976.
7. Креопалова Г.В., Лазарева Н.Л., Пуряев Д.Т. Оптические измерения. – М.: Машиностроение, 1987.
8. Креопалова Г.В., Пуряев Д.Т. Исследование и контроль оптических систем. М.: Машиностроение, 1978.
9. Лившиц Э.М. Оптические измерения. Учебное пособие. Л.: изд. ЛИТМО, 1985.
10. Лившиц Э.М. Оптические измерения и исследования. Учебное пособие по лабораторному практикуму. Л.: изд. ЛИТМО, 1988.
11. Лившиц Э.М. Оптические измерения. Учебное пособие по лабораторному практикуму. Л.: изд. ЛИТМО, 1987.
12. Максutow Д.Д. Изготовление и исследование астрономической оптики, 2-е изд. – Л.: Наука, 1984.
13. Марешаль А., Франсон М. Структура оптического изображения. – М.: «Мир», 1964.
14. Мартин А. Техническая оптика. – М.: Физматгиз, 1955.
15. Оптические измерения. Задачник. Лившиц Э.М., Порохова Т.Г., Л.: изд. ЛИТМО, 1979.
16. Оценка качества оптического изображения. Сборник статей. – М.: Геодезиздат, 1959.
17. Погарев Г.В. Юстировка оптических приборов. – Л.: Машиностроение, 1968.
18. Порохова Т.Г. Конспект лекций по курсу «Оптические измерения». Части 1,11,111. Л. изд. ЛИТМО, 1978.
19. Родионов С.А. Автоматизация проектирования оптических систем. Л.: Машиностроение, 1982.

20. Русинов М.М. Габаритные расчеты оптических систем. – 2-е изд. – М.: Госгеолтехиздат, 1963.
21. Прикладная оптика/ Дубовик С.А., Апенко М.И. и др. – М.: Недра, 1982.
22. Справочник оптика-технолога/ Под ред. Кузнецова С.М. – Л.: Машиностроение, 1983.
23. Федотов Г.И., Ильин Р.С. и др. Лабораторные оптические приборы. – М.: Машиностроение, 1979.
24. Франсон М. Фазово-контрастный и интерференционный микроскопы. – М.: Физматгиз, 1960.



Название кафедры прикладной и компьютерной оптики Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики отражает новейшую тенденцию проникновения компьютерных технологий во все сферы науки и техники.

В то же время эта кафедра является прямой наследницей старейших оптических кафедр России - кафедры теории оптических приборов, физиологической оптики, оптических приборов, лабораторных, а затем оптико-механических приборов. В разное время этими кафедрами заведовали и работали на них такие выдающиеся ученые, как академик В.П.Линник, член-корреспондент Академии наук СССР, профессор В.С.Игнатовский, член-корреспондент Академии артиллерийских наук, профессор, доктор технических наук А.Н.Захарьевский, заслуженный деятель науки и техники РСФСР, профессор, доктор технических наук В.Н.Чуриловский, заслуженный деятель науки и техники РСФСР, лауреат Ленинской и четырех Государственных премий, премии Французской Академии наук, профессор, доктор технических наук М.М.Русинов, заслуженный деятель науки и техники РСФСР, профессор, доктор технических наук И.И.Крыжановский, заслуженный деятель науки РФ, лауреат Ленинской премии и премии Совета Министров СССР, профессор, доктор технических наук В.А.Зверев, лауреат Государственной премии и премии Совета Министров СССР, профессор, доктор технических наук А.П.Грамматин, лауреат Государственной премии, профессор, доктор технических наук П.Д.Иванов, лауреат премии Совета Министров СССР, профессор, доктор технических наук С.А.Родионов.

В списке достижений кафедры находятся: непревзойденные широкоугольные аэрофотосъемочные объективы с улучшенным светораспределением по полю и приборы обработки аэрофотоснимков (М.М. Русинов, Н.А. Агальцова), превосходящие зарубежные аналоги гидросъемочные объективы (М.М. Русинов, П.Д. Иванов, Л.Н. Курчинская), методы и средства контроля главного зеркала телескопа БТА (В.А. Зверев, С.А. Родионов, В.В. Усоскин), металlostеклянная оптика (И.И. Крыжановский, СМ. Никитин), оптика для космического проекта "Вега" (Г.И. Цуканова), высокоскоростные кинокамеры для научных исследований (И.И. Крыжановский, В.И. Решеткин), компьютерные пакеты автоматизированного проектирования оптики (С. А. Родионов с сотрудниками). Эти достижения в свое время были отмечены двумя ленинскими премиями, пятью государственными премиями, премией Совета Министров СССР, премией французской академии наук.

В настоящее время кафедра ведет подготовку специалистов и научную работу в следующих взаимосвязанных направлениях:

- теория и проектирование оптических систем, традиционно называемых вычислительной оптикой;
- оптические измерения и контроль оптических элементов и систем;
- оптические приборы, включая общую теорию, микроскопы, контрольно-измерительные приборы, геодезические приборы, офтальмологическую оптику;
- математические методы, алгоритмы, программы и компьютерные системы для решения оптических задач, что можно коротко назвать компьютерной оптикой.

О последнем направлении следует сказать несколько подробнее. Следует подчеркнуть тот известный факт, что вычислительная оптика не только явилась первым практическим применением для компьютеров (одним из первых применений первой в мире ЭВМ Марк-1 в 1944 году был расчет

оптических систем), но и способствовала развитию многих новых методов прикладной математики (методов оптимизации, численного интегрирования, решения некорректных задач и т.д.)

В России работы в этом направлении были начаты А.П. Грамматиным (1958г.). В ЛИТМО в 1960 году были построены одни из первых отечественных ЭВМ ЛИТМО-1 и ЛИТМО-2, предназначенные главным образом для расчета оптических систем; а соответствующий математический аппарат был разработан доцентом кафедры оптико-механических приборов В.В. Хваловским.

С 1965 г. на кафедре оптико-механических приборов благодаря новаторским идеям и методам С.А. Родионова получает развитие новое направление в прикладной оптике - разработка математических методов, алгоритмов и программного обеспечения для решения оптических задач. Результаты фундаментальных исследований С.А. Родионова в области формирования изображения, теории дифракции и математического моделирования были положены в основу разработки пакета программ для автоматизированного проектирования оптических систем ОПАЛ, широко известного в оптической промышленности.

В настоящее время объектами исследований в области компьютерной оптики, проводимых на кафедре являются:

- методы и программы проектирования оптических систем (методы синтеза, анализа аберраций и качества изображения, методы оптимизации, расчет допусков);
- обработка данных контроля оптических элементов и систем (обработка интерферограмм, гартманогамм и т.п.);
- компьютерное моделирование изображения с учетом различных факторов (частичной когерентности, поляризации, нелинейности, неизопланатизма и т.д.);
- теория и методы оптимальной компьютерной юстировки;
- моделирование процессов в ближнепольной оптике.

Основным и наиболее перспективным направлением развития кафедры представляется именно компьютерная оптика как основа для подготовки так называемых "компьютерных инженеров" - специалистов, профессия которых, по мнению авторитетных экспертов, станет ведущей в наступающем веке.

Общепрофессиональная и специальная подготовка специалистов базируется на следующих составляющих:

- на фундаментальных и широких знаниях в области предмета разработки и исследования (прикладной оптики, оплотехники, оптических приборов и систем);
- на глубоких знаниях прикладной математики, включая математическое моделирование, численные методы, методы оптимизации и т.п.;
- на владении современными компьютерными технологиями, особенно применяемыми в инженерной и научной деятельности.

Как показывает опыт, задачи прикладной оптики настолько разнообразны, сложны и комплексны, а применяемые для их решения методы, модели и средства настолько универсальны, что специалист по компьютерной оптике может с успехом практически безо всякой адаптации работать в любой области, требующей владения математическими методами и компьютерными технологиями.

С информацией о кафедре можно ознакомиться на сервере: <http://aco.ifmo.ru>

Еськова Лариса Михайловна
Кривопустова Екатерина Всеволодовна

Оптические измерения

Задачник

В авторской редакции

Компьютерное макетирование

А.А. Воронин

Зав. редакционно-издательским отделом

Н.Ф. Гусарова

Лицензия ИД №00408 от 05.11.99

Подписано к печати 06.12.03

Тираж 500 экз.

Заказ № 754

Отпечатано на ризографе.