

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
СТАНДАРТ

ISO
10110 – 1

*Первое издание
1996-03-15*

**Оптика и оптические приборы –
Правила оформления чертежей оптических
элементов и систем –**

**Часть 1:
Общие положения**

*Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical
elements and systems-*

Part 1: General

*Optique et instruments d'optique – Indications sur les dessins pour
elements et systemes optiques-*

Partie 1: Generalites



Ссылочный номер
ISO 10110-1: 1996 (E)

Предисловие

ISO (Международная организация по стандартизации) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (членов организации ISO). Работа по разработке Международных стандартов обычно выполняется техническими комитетами ISO. Каждый член организации, интересующийся темой, разработка которой поручена техническому комитету, имеет право сотрудничать в этом комитете. Международные организации, государственные и негосударственные, связанные с ISO, так же принимают участие в работе. ISO при всех разработках электротехнических стандартов, тесно сотрудничает с Международной Электротехнической Комиссией [International Electrotechnical Commission] (IEC).

Проекты Международных Стандартов, принимаемые техническими комитетами, предъявляются членам организации на согласование. Публикация в качестве Международного стандарта требует согласия по крайней мере 75% членов организации, обладающих правом голоса.

Международный стандарт 10110 – 1 был разработан Техническим Комитетом ISO/TC172, *Optics and optical instruments* (Оптика и оптические приборы), Подкомитетом SC1, *Fundamental standards* [Основные стандарты].

ISO 10110 состоит из следующих частей, под общим названием *Optics and optical instruments - Preparation of drawings for optical elements and systems* (Оптика и оптические приборы - Правила оформления чертежей оптических элементов и систем):

- *Part 1: General* [Часть 1: Общие положения]
- *Part 2: Material imperfections – Stress birefringence* [Часть 2: Дефекты материала – Двулучепреломление, вызываемое напряжением]
- *Part 3: Material imperfections – Bubbles and inclusions* [Часть 3: Дефекты материала – Пузыри и включения]
- *Part 4: Material imperfections – Inhomogeneity and striae* [Часть 4: Дефекты материала – Неоднородности и свили]
- *Part 5: Surface form tolerances* [Часть 5: Допуски на форму поверхности]
- *Part 6: Centering tolerances* [Часть 6: Допуски на центрировку]
- *Part 7: Surface imperfection tolerances* [Часть 7: Допуски на дефекты поверхности]
- *Part 8: Surface texture* [Часть 8: Текстура поверхности]
- *Part 9: Surface treatment and coating* [Часть 9: Поверхностная обработка и покрытия]

– *Part 10: Table representing data of a lens element* [Часть 10: Табличная форма представления данных линзового элемента]

– *Part 11: Non-toleranced data* [Часть 11: Данные без допусков]

– *Part 12: Aspheric surfaces* [Часть 12: Асферические поверхности]

– *Part 13: Laser irradiation damage threshold* [Часть 13: Порог разрушения лазерным облучением]

Приложения А и В этой части ISO 10110 являются только информационными

Оптика и оптические приборы – Правила оформления чертежей оптических элементов и систем –

Часть 1:

Общие положения

1 Область использования

ISO 10110 оговаривает правила оформления конструктивных и функциональных требований к оптическим элементам и системам на технических чертежах, используемых при производстве и контроле.

Эта часть ISO 10110 оговаривает правила представления на чертежах характеристик, в особенности допусков, оптических элементов и систем.

Правила оформления технических чертежей, также как и простановка размеров и допусков, приводятся в различных Международных Стандартах. Эти общие стандарты применяются к оптическим элементам и системам только в том случае, если необходимые правила не указаны в различных частях ISO 10110.

2 Ссылки на нормативные документы

Приводимые ниже стандарты содержат положения, которые, из-за ссылки на них в этом тексте, составляют положения этой части ISO 10110. На период публикации указываемые издания были действующими. Все стандарты подвергаются пересмотру и части, требующие согласования, заложенные в основу в этой части ISO 10110, подтверждаются исследованием возможности применения наиболее современных изданий стандартов, приводимых ниже. Члены ИЕС и ISO ведут журналы учета находящихся в обращении в настоящее время Международных стандартов.

ISO 406:1997, *Technical drawings – Tolerancing of linear and angular dimensions* [Технические чертежи – Указание допусков на линейные и угловые размеры].
ISO 8015:1985, — *Technical drawings – Fundamental tolerancing principle* [Техни-

ческие чертежи – Основные принципы указания допусков].

ISO 10110-2: 1996, *Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 2: Material imperfections – Stress Birefringence* [Оптика и оптические приборы – Оформление чертежей оптических элементов и систем – Часть 2: Дефекты материала – Двулучепреломление, вызываемое напряжением].

ISO 10110-3: 1996, *Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 3: Material imperfections – Bubbles and inclusions* [Оптика и оптические приборы – Оформление чертежей оптических элементов и систем – Часть 3: Дефекты материала – Пузыри и включения].

ISO 10110-4: 1997, *Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 4: Material imperfections – Inhomogeneity and striae* [Оптика и оптические приборы – Оформление чертежей оптических элементов и систем – Часть 4: Дефекты материала – Неоднородности и свили].

ISO 10110-5: 1996, *Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 5: Surface form tolerances*. [Оптика и оптические приборы – Оформление чертежей оптических элементов и систем – Часть 5: Допуски на форму поверхности].

ISO 10110-6: 1996, *Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 6: Centering tolerances* [Оптика и оптические приборы – Оформление чертежей оптических элементов и систем – Часть 6: Допуски на центрировку].

ISO 10110-12: 1997, *Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 12: Aspheric surfaces*. [Оптика и оптические приборы –

Оформление чертежей оптических элементов и систем – Часть 12: Асферические поверхности].

3 Основные положения

Все обозначения на чертежах оптических элементов и систем должны применяться к конечному изделию, т.е. к его конечной форме, за исключением случаев, где другие части ISO 10110 устанавливают другое, как, например, в ISO 10110-8.

Всякий раз, как только подробности или символы, точно определяемые в этом Международном Стандарте, обнаруживают неадекватность в отношении четкого определения требований, информация должна быть дополнена примечанием или специальной инструкцией.

Все линейные размеры указываются в миллиметрах, если не указывается другое.

Все оптические показатели относятся к длине волны зеленой линии ртути ($\lambda = 546,07 \text{ nm}$), в соответствии с ISO 7944, и окружающей температуре $22^\circ \pm 2^\circ\text{C}$, если не оговаривается другое.

Если не оговорено где-нибудь в другом месте, отсутствие требований на чертеже указывает на то, что применяются положения ISO 10110-11.

Из-за существования старых (национальных) стандартов на оптические чертежи может возникнуть случай неправильной интерпретации данных. По этой причине на каждом чертеже должна приводиться ссылка на ISO 10110 в форме

"Indications in accordance with ISO 10110" ["Обозначения в соответствии с ISO 10110"]

или

"Ind. fcc. ISO 10110" ["Обозн. в соотв. ISO 10110"]

Это указание предпочтительно объединить с названием чертежа (см. приложение А и ISO 10110-10, фигуры 1...3).

4 Представление и простановка размеров

4.1. Виды

Оптические элементы преимущественно должны быть показаны для случая света, входящего слева. Оптическая ось должна быть горизонтальной, если воз-

можно. Предпочтительным методом является тот, когда компоненты должны быть нарисованы в поперечном сечении и заштрихованы коротким-длинным-коротким штрихами. Задние стороны и скрытые линии обычно пропускаются (см. фигуру 1). Тем не менее, ради ясности, может быть необходимым включение таких линий в случае элементов, не обладающих симметрией вращения.

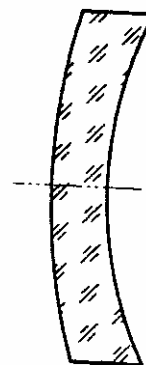


Рисунок 1 – Штриховка

Сборочные узлы, такие как склеенные компоненты, должны быть заштрихованы в чередующихся направлениях.

4.1.1 С целью упрощения оптические детали могут быть нарисованы без штриховки (см. фигуру 2). Смешивание штрихованной и нештрихованной частей на одном рисунке использоваться не должно.

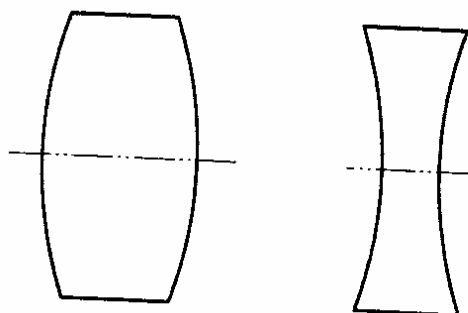


Рисунок 2 — Упрощенные рисунки линзовых элементов

4.1.2 Линзовые элементы с поверхностями, имеющими два направления симметрии, такие как цилиндрические и торические поверхности, должны быть нарисованы в двух поперечных сечениях, соответствующих этим направлениям (см. фигуры 3 и 4). О представлении торических поверхностей смотрите ISO 10110-12.

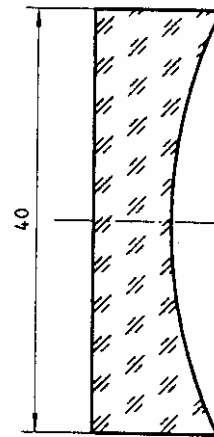
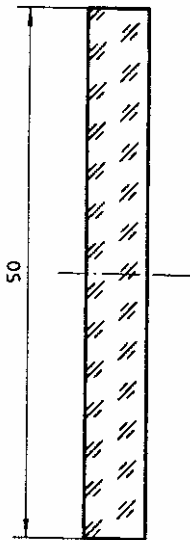
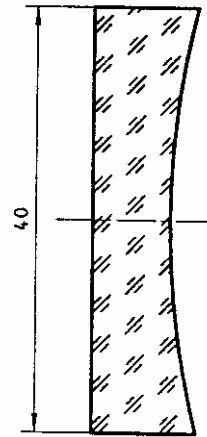
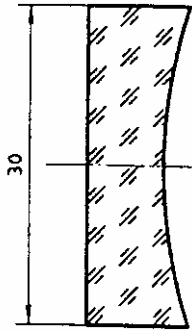
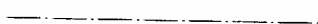


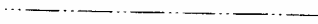
Рисунок 3 – Прямоугольный цилиндрический линзовый элемент

Рисунок 4 – Прямоугольный торический линзовый элемент

4.2 Оси

Они должны быть нарисованы следующим образом:

Оси вращения и центральные линии:  (линия типа G.ISO 128)

Оптические оси:  (линия типа K.ISO 128)

Если оптическая ось совпадает с осью вращения или центральной линией, то должна быть использована линия типа К. Должно быть указано и измерено задуманное смещение или наклон осей (например ось симметрии элемента относительно оптической оси) [см. фигуру 5] Очень небольшие смещения должны быть нарисованы не в масштабе с целью преувеличенного представления смещения.

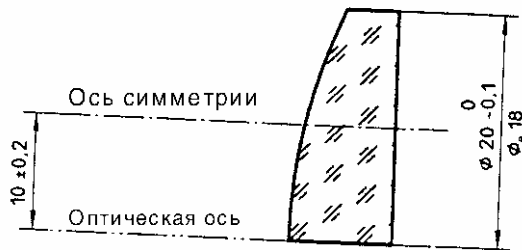


Рисунок 5 – Оси

4.3 Линии-выноски

Выносные линии должны иметь точку на конце линии-выноски, заканчивающейся внутри контура детали (см. фигуру 6), и размерную стрелку для линии-выноски, заканчивающейся на контурной линии (см. фигуру 7).

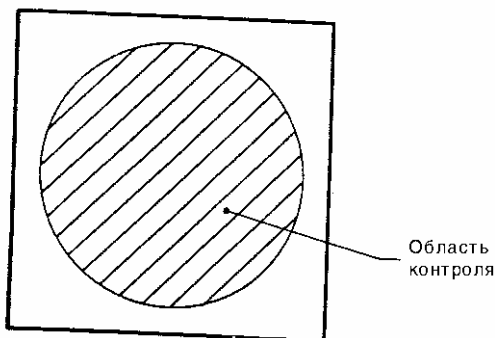


Рисунок 6 – Выносная линия к зоне

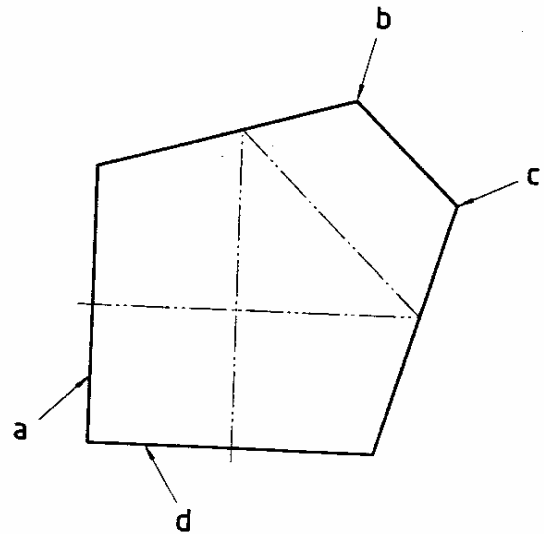


Рисунок 7 – Выносные линии к углам и поверхностям

4.4 Области контроля

Если контроля всей поверхности или площади не требуется, то на рисунках должны быть показаны области контроля или оптически действующие поверхности. Диаметр круглой области контроля, "действующий диаметр", должен быть обозначен символом "Øe" (см. фигуры 8, A.1 и A.2). Он определяет область поверхности детали, которая является оптически важной.

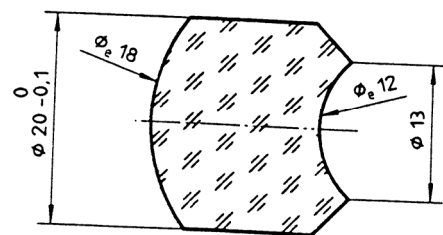


Рисунок 8 – Области контроля

Границы областей контроля должны быть нарисованы сплошными тонкими линиями (линия типа В, ISO 128), а сами области должны быть заштрихованы сплошными линиями того же типа. Если требуется, то они могут быть подразделены на зоны, к которым применяются разные допуски. В таких случаях зоны должны быть пронумерованы для четкого их соотношения. Номер

зоны должен быть указан на линии-выноске к соответствующей области (см. фигуру 9).

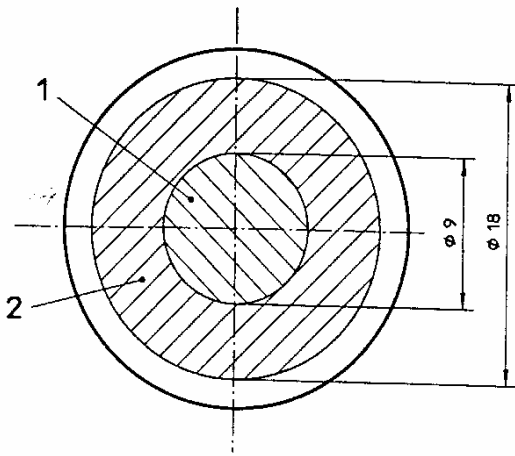


Рисунок 9 – Вид, показывающий области контроля

Где необходимо, могут быть добавлены специальные виды, озаглавливаемые "области контроля", показывающие оптически действующие области и снабженные соответствующими размерными величинами. Если симметричные компоненты имеют разные области контроля (например, благодаря прохождению лучей, обладающих расходимостью или сходимостью), то тогда области при наличии сомнений должны быть соответственно обозначены для предотвращения ошибочной сборки. То же самое требование применяется, если несхожие контрольные характеристики должны быть применены к одинаковым областям контроля. Способ идентификации должен быть объяснен на рисунке (см. фигуру 10).

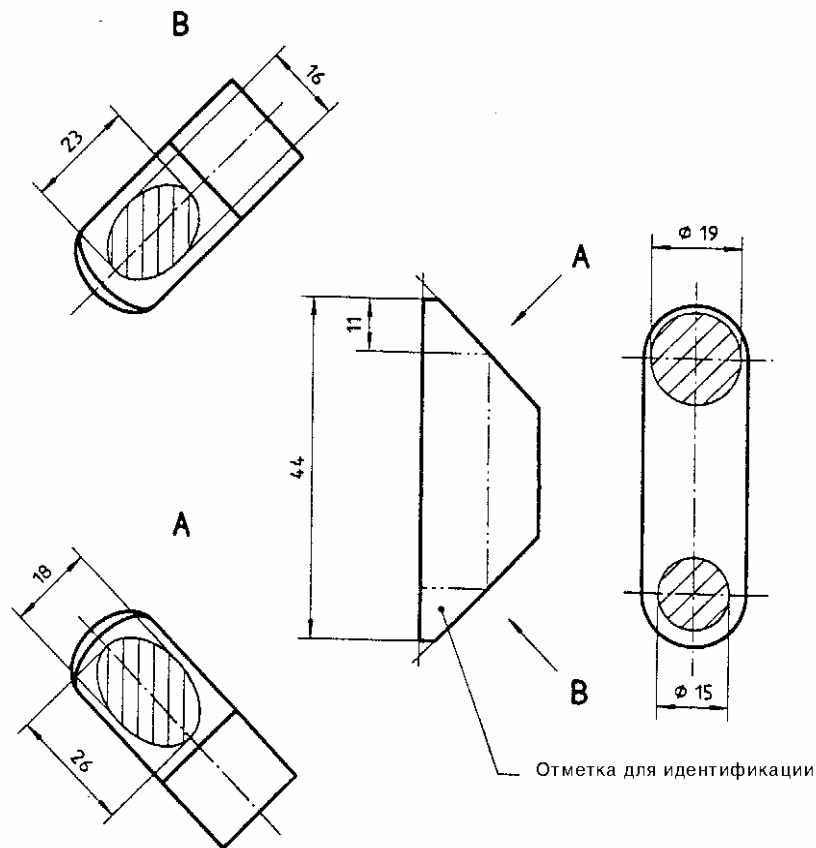


Рисунок 10 – Разные области контроля для призмы

Если области контроля не показаны, то в качестве областей контроля считают поверхности по их полному размеру.

Круглое поле контроля может быть показано в любом месте внутри области контроля в виде образмеренной области, ограниченной тонкой сплошной линией. Соответствующие требования, указываемые на линии-выноске к полю контроля, должны применяться ко всем возможным положениям поля контроля внутри области контроля. В этом случае диаметр поля контроля должен быть добавлен к соответствующему обозначению допуска следующим образом: "... (весь \varnothing ...)" (см. фигуру 11).

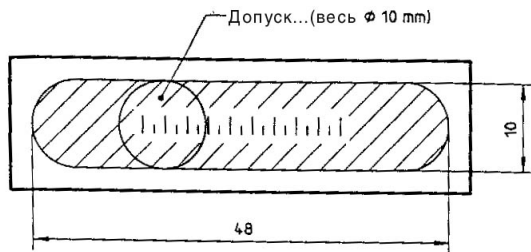


Рисунок 11 — Поле контроля внутри области контроля

4.5 Контрольные объемы

Контрольный объем должен быть обозначен, если объем определенного размера должен удовлетворять более высоким требованиям, чем остальной объем оптического элемента (см. фигуру 12).

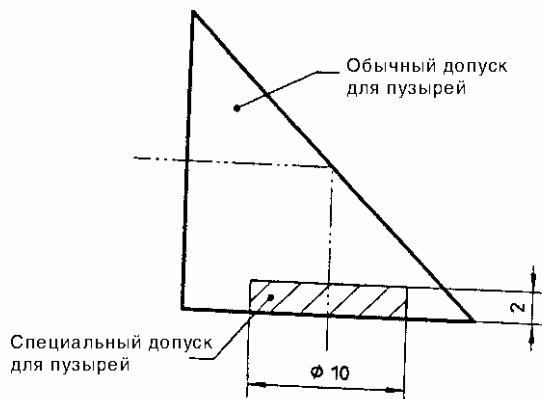


Рисунок 12 — Контрольный объем

4.6. Простановка размеров

В принципе, размеры оптических элементов относятся к окончательному состоянию и,

следовательно, включают такие операции обработки поверхности, как поверхностную обработку и /или покрытие. Однако, в определенных случаях, могут быть важны размеры детали до использования поверхностной обработки. В таких случаях должно быть точно указано на рисунке, что эти размеры относятся к необработанной детали.

4.6.1. Радиусы кривизны

Сферические поверхности определяются простановкой радиусов кривизны с допусками на размер (см. фигуры 13...15).

Этот допуск должен указывать область, внутри которой должна быть размещена реальная поверхность.

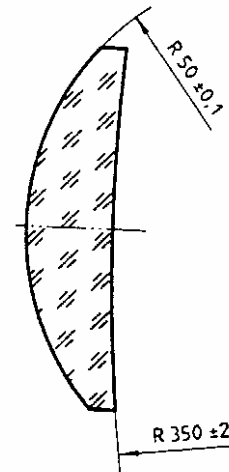


Рисунок 13 — Радиусы менискового линзового элемента

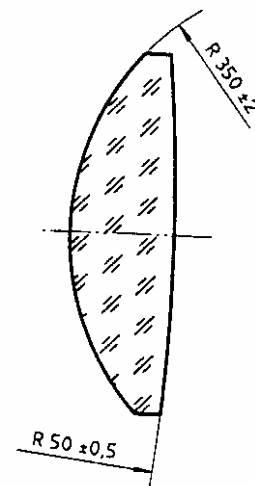


Рисунок 14 — Радиусы двояковыпуклого линзового элемента

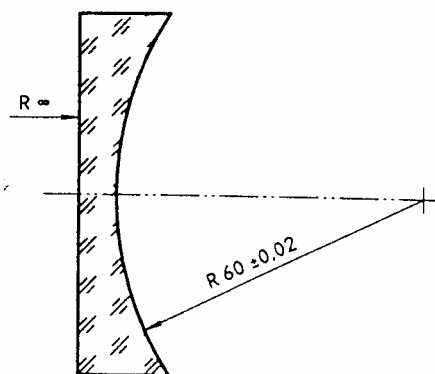


Рисунок 15 — Радиусы плоско-вогнутого линзового элемента

Альтернативно, допуск на радиус кривизны может быть указан полностью или частично в терминах интерферометрии, как определяется в ISO 10110-5: 1996, пункт 8.

Если суммарное допустимое изменение радиуса кривизны указывается в терминах интерферометрии, то допуск на размер радиуса равен нулю и нет необходимости включать его в обозначение радиуса кривизны.

Плоские поверхности (т.е. бесконечный радиус кривизны) должны быть обозначены символом R_{∞} . Допуск на плоскостность должен быть указан в терминах интерферометрии (см. ISO 10110-5).

Для отличия между выпуклой и вогнутой поверхностью, особенно в случае малой кривизны, стрелка к линии выноски для обозначения радиуса всегда должна казаться исходящей из центра кривизны. Альтернативно, выпуклая поверхность может быть обозначена буквами СХ, следующими за обозначением радиуса кривизны, а вогнутая поверхность буквами СС.

Для торических и цилиндрических поверхностей применяются требования, указанные в 4.1.2.

Для цилиндрических поверхностей радиус должен быть обозначен термином "R_{cyl}".

Для асферических и торических поверхностей смотрите ISO 10110-12.

4.6.2 Толщина

Толщина должна быть обозначена как номинальный размер с (предпочтительно симметричным) допуском. В случае линзовых элементов, имеющих вогнутые поверхности, должна быть указана в скобках в дополнение к осевой толщине полная толщина (см. фигуры 16 и 17).

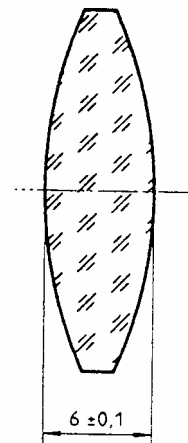


Рисунок 16 — Обозначение толщины двояковыпуклого линзового элемента

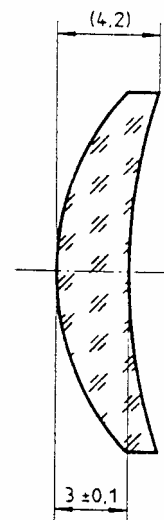


Рисунок 17 — Обозначения толщины менискового линзового элемента

4.6.3 Диаметр

Диаметр оптических деталей должен быть определен совместно с допусками таким же самым образом, как и для механических деталей. Должен быть добавлен оптически действующий диаметр " ϕ_e " (см. фигуру 18).

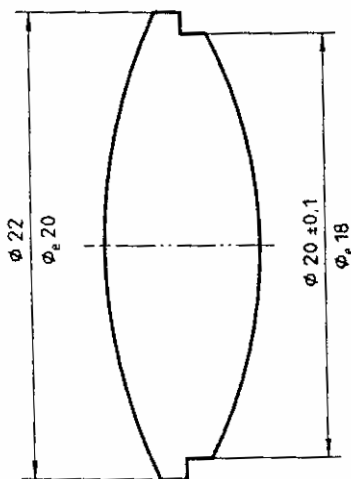


Рисунок 18 — Диаметры и оптически действующие диаметры

4.6.4 Представление профилей кромок, скосов и фасок

Профиль кромок, скосов и фасок определяется либо из конструктивных (функциональных) оснований либо из предохранительных целей для предотвращения выкалывания острых кромок и углов в процессе изготовления и эксплуатации.

4.6.4.1 Функциональные кромки и скосы

Острые кромки: Для кромки, которая должна сохранять профиль по функциональным причинам, должен быть использован символ "0" (см. фигуру 19).

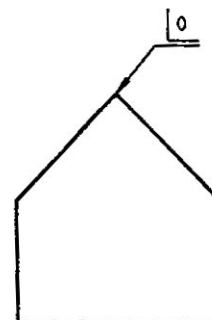


Рисунок 19 — Острая кромка

Скосы: Скос является функциональной поверхностью, заменяющей острую кромку, и должен быть полностью охарактеризован в отношении размера, допуска, наклона и, если необходимо, центрировки (см. фигуру 20).

4.6.4.2 Нефункциональные кромки и углы

Защитные фаски: Защитная фаска является небольшой поверхностью, заменяющей кромку или угол, приблизительно одинаково наклоненной к поверхностям, формирующим кромку или угол. Эта поверхность отдельно не должна рисоваться.

Указание "защитные фаски" должно быть включено в качестве примечания к рисунку для охвата всех кромок и углов, которые не характеризуются отдельно. Ширина, W , фаски показана на фигуре 21. Минимально и максимально допустимый размер фасок должен быть указан в примечании; исключения должны быть указаны на рисунке (см. фигуру 22).

Внутренние кромки: Поскольку совершенно острой внутренней кромки изготовить не возможно, то часто вынуждены определять максимально (и иногда минимально) допустимую ширину поверхности кромки (см. фигуры 23...25). Если указывается только одна величина, то она должна быть интерпретирована как максимально допустимая ширина.

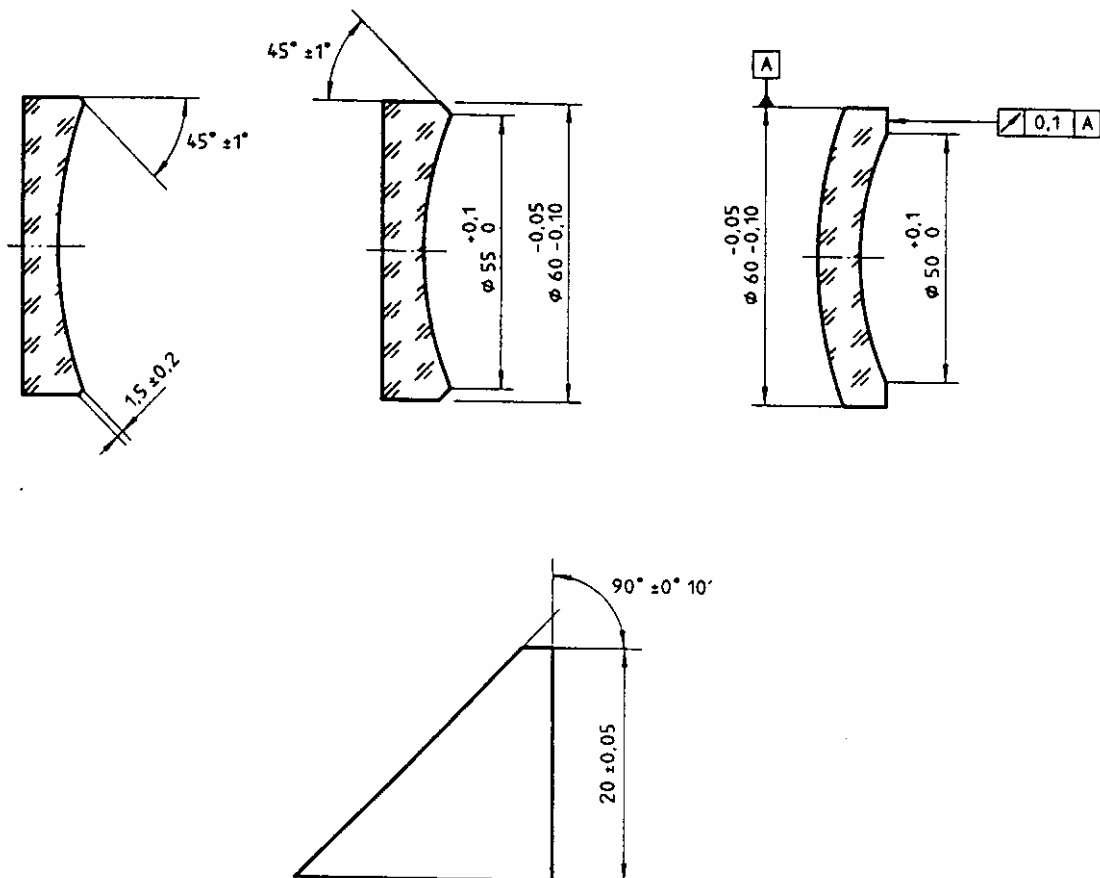


Рисунок 20 — Простановка размеров скосов

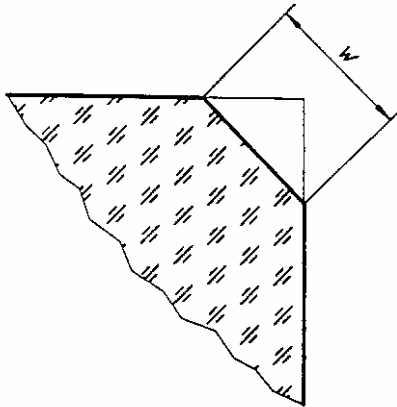
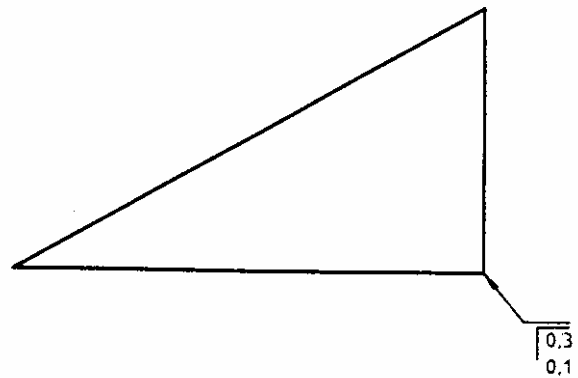


Рисунок 21— Ширина, W , защитной фаски фасок



ПРИМЕЧАНИЕ — Защитные фаски 0,2 – 0,5

Рисунок 22 — Обозначение защитных

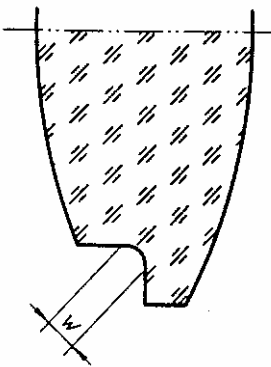


Рисунок 23 — Ширина, W , внутренней кромки

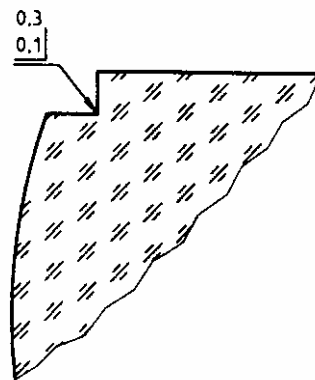


Рисунок 24 — Уступ линзового элемента

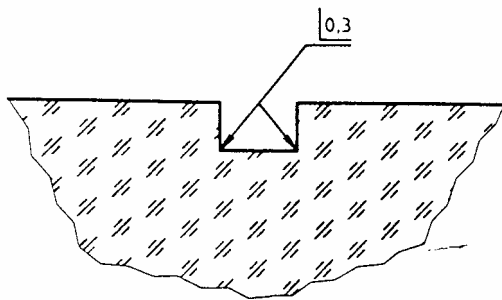
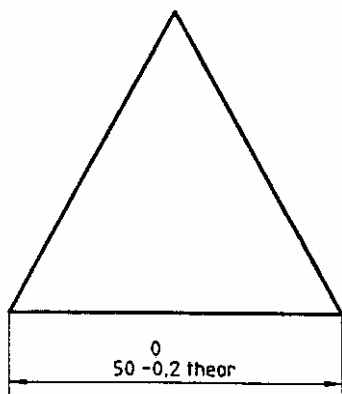


Рисунок 25 – Паз призмы

4.6.5 Линейные размеры

Номинальные размеры длины, ширины и высоты (диаметра и толщины) детали должны быть проставлены с разрешаемыми допусками.

Детали, характеризующиеся наличием защитных фасок или небольших скосов, должны быть образмерены без учета фасок или небольших скосов, т.е. линейные размеры относятся к теоретической линии пересечения поверхностей ("условие острой кромки"). Такие линейные размеры должны быть идентифицированы добавлением слова "theor" ("теор") к обозначению (см. фигуру 26).



4.6.6 Углы

На рисунке должны быть проставлены номинальные величины с допусками. Поверхности для поиска должны быть обозначены заглавными римскими буквами (см. фигуру 27).

Рисунок 27 показывает пример обозначения углов и допусков на них. Углы между поверхностью E и поверхностями A, B, C и D называются "пирамидальными углами".

Для призм должен быть показан оптический путь луча и угол отклонения. Угол отклонения равен углу между направлениями падающего и выходящего лучей. Если не оговаривается другое, то падающий луч должен быть перпендикулярен к входной поверхности.

Угол отклонения должен быть дан с допуском \pm (см. фигуру 28).

Ошибка отклонения луча в направлении, перпендикулярном к плоскости рисунка, известна как "пирамидальная ошибка отклонения" [см. фигуру 28b)].

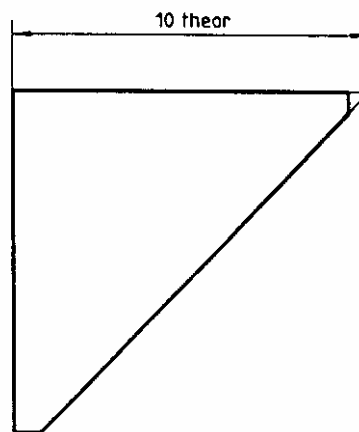


Рисунок 26. Линейные размеры призм

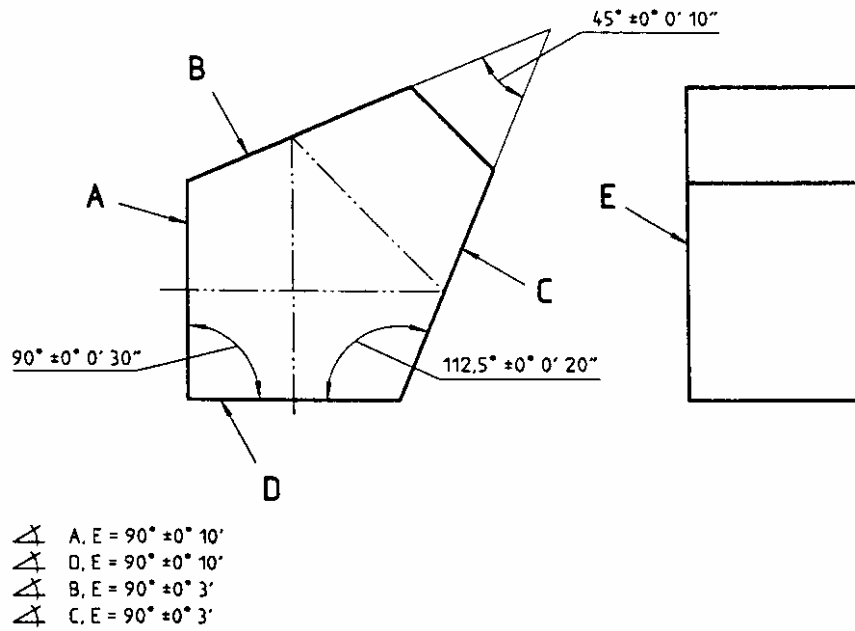


Рисунок 27. Углы с допусками

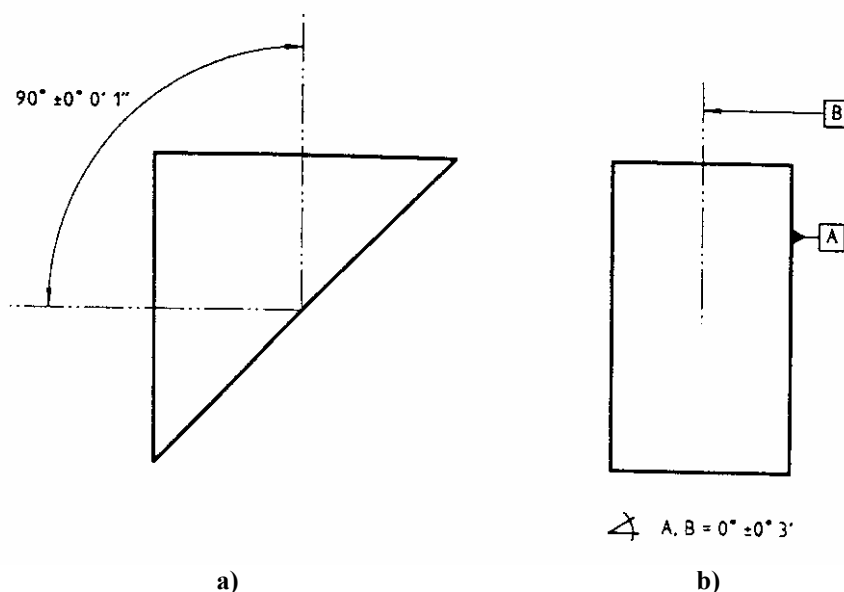


Рисунок 28. Углы отклонения призмы

4.7 Характеристики материала

Информация, требуемая при приобретении материала, должна быть записана в рамке на чертеже.

Должна быть приведена в качестве предпочтительной следующая информация:

- a) Обозначение материала, например изготовитель, марка стекла или международный кодовой номер стекла, или показатель преломления и число Аббе, включая указание эталонной длины волны, или химическое описание (например, для кристаллического материала);
- b) Особые характеристики материала, такие как: допуски на показатель преломления, дисперсию, коэффициент пропускания, класс однородности, класс бессвильности, свойства кристалла (например, моно- или поликристаллический).

Характеристики материала и допуски, которые относятся к отдельному оптическому элементу, должны быть обозначены в соответствии с ISO 10110-2, ISO 10110-3 и ISO 10110-4.

4.8 Обозначение допусков и различных свойств

4.8.1 Допуски на линейные и угловые размеры

Общие правила обозначения допусков на линейные и угловые размеры приводятся в ISO 406.

Если необходимо, должен быть учтен ISO 8015, который точно определяет связь между размерами и геометрическими допусками.

4.8.2 Оптические свойства и допуски

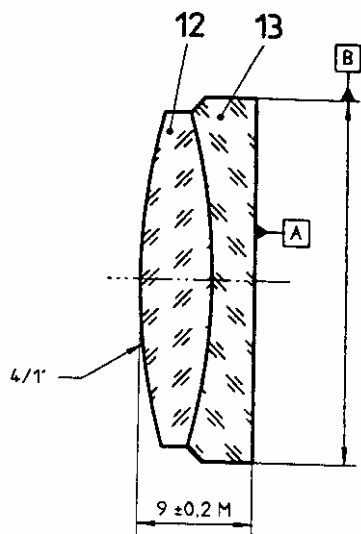
Правила указания номеров свойств и допусков, характерных для оптических деталей, приводятся в различных частях ISO 10110.

4.8.3 Оптические сборочные узлы

Чертеж оптического сборочного узла должен включать в качестве предпочтительных следующие пункты (см. фигуру 29):

- a) номера отдельных деталей (или перечень деталей, перечисленных в спецификации);
- b) подробности склеивания или другого метода соединения;
- c) размеры и допуски, которые указываются дополнительно к размерам и допускам, приводимым на чертежах деталей (например, центрировка);
- d) фокусное расстояние и/или другие требования;

- е) специальные примечания, относящиеся к методам сборки и контроля.



ПРИМЕЧАНИЯ

- 1 Склеить, согласно техническим условиям # xxxx
- 2 Фокусное расстояние $100 \pm 0,5$

Рисунок 29 — Оптический сборочный узел

Чертежи деталей сборочных узлов должны содержать ссылки на методы сборки, например, "будет склеена".

Если чертеж сборочного узла не содержит допусков на форму поверхности (в соответствии с ISO 10110-5) или дефекты поверхности (в соответствии с ISO 10110-7), то допуски, заданные на чертежах соответствующих элементов, используются и после склейки (или оптического контактирования), где подходит.

Если допуск на толщину собранного (например, склеенного) сборочного узла меньше, чем сумма допусков на толщины элементов, формирующих сборочный узел, так что элементы должны быть подобраны, то допуск на толщину сборочного узла должен быть обозначен заглавной буквой "M" (см. фигуру 29).

4.8.4 Примечания

Примечания, инструкции и дополнительная информация должны быть всегда сгруппированы вместе на одном поле чертежа. Каждое примечание должно иметь номер для удобства ссылки на него.

5. Дополнительные указания для чертежей оптических схем

5.1 Общие положения

Чертеж оптической схемы должен показывать относительные положения всех компонентов окончательной оптической системы и должен содержать в качестве предпочтительных, следующие пункты (см. фигуру 30):

- a) ссылочный номер (или перечень деталей, перечисленных в спецификации);
- b) базовую (эталонную) ось (см. ISO 10110-6);
- c) воздушные промежутки, включая допуски;
- d) увеличение (полное и/или частичное, как предпочтительно);
- e) расстояние до объекта, или область расстояний до объекта;
- f) полное поле зрения в пространстве объектов;
- g) числовую апертуру или f-число;
- h) положение и размеры полевых диафрагм;
- i) положение и размеры зрачков;
- J) размеры свободных апертур и физические размеры деталей;
- k) размер(ы) и формат фокальной плоскости (ей);
- l) спектральную полосу пропускания;
- m) перемещения, необходимые для юстировки увеличения и фокусировки;
- n) данные по установке поверхности раздела;
- o) данные по центрировке (см. ISO 10110-6);
- p) специальные примечания, относящиеся к методам сборки и контроля;
- q) другие эксплуатационные требования.

Если базовая ось для допусков на центрировку (см. ISO 10110-6) не указана на чертеже схемы, то все допуски на центрировку относятся к теоретической оптической оси.

ПРИМЕЧАНИЯ:

- 1 Ради ясности иногда полезна запись некоторых данных в табличной форме
- 2 В случае, когда оптические системы являются сложными, с изменяющимся ходом пути, может быть необходимым показ изометрических видов.

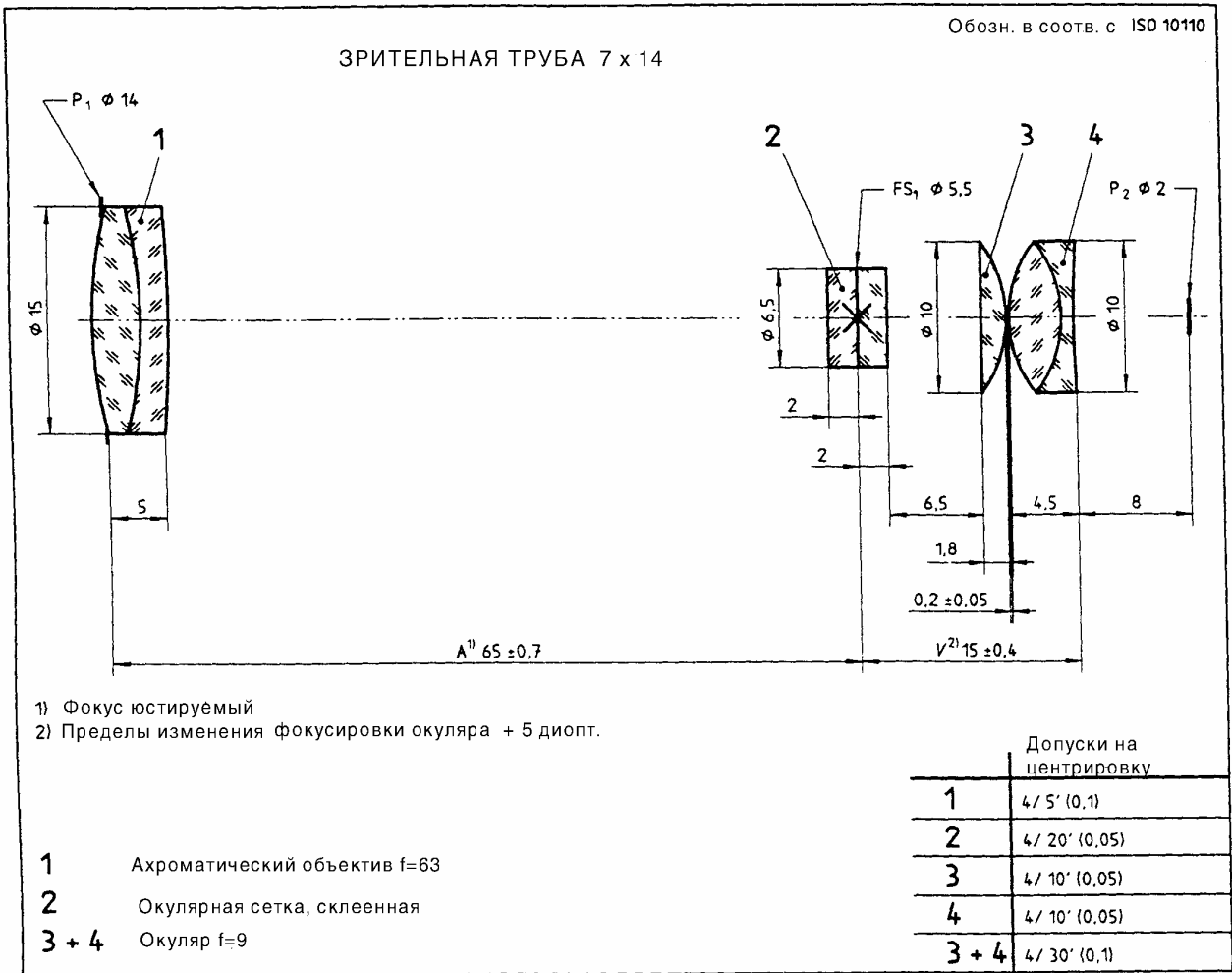


Рисунок 30. Чертеж оптической схемы

5.2 Воздушные промежутки по оси

Воздушные промежутки между элементами должны быть указаны вдоль базовой оси (см. ISO 10110-6: 1996, подпункт 3.3). Для систем с осевой симметрией этой осью является ось симметрии.

Расстояния, которые юстируются в процессе сборки, или изменяются в ходе использования, должны быть указаны на чертеже оптической схемы вместе с кратким объяснительным примечанием, указывающим причины юстировки или изменения.

5.2.1 Постоянные воздушные промежутки по оси

Постоянные воздушные промежутки должны быть показаны при номинальных конструктивных размерах с разрешаемым допуском (см. фигуру 31).

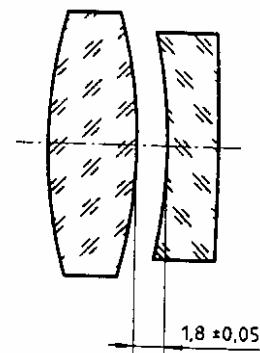
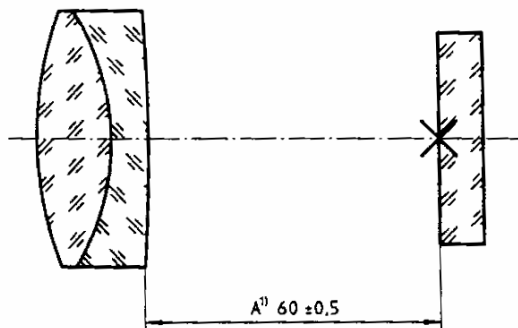


Рисунок 31 — Воздушный промежуток между линзовыми элементами

5.2.2 Юстируемые воздушные промежутки по оси

В процессе сборки некоторые воздушные промежутки по оси могут изменяться внутри заранее определяемых границ с целью достижения требуемого состояния или требования. Такие юстируемые расстояния должны быть обозначены заглавной буквой "А", а причина юстировки должна быть указана в примечании. Если необходимо, должна быть указана также требуемая точность юстировки. Размерная информация должна быть показана на рисунке в следующем порядке (см. фигуру 32):

- а) буква "А" для обозначения того, что расстояние является юстируемым;
- в) номинальное расстояние;
- с) допустимые границы юстировки от номинальной величины.



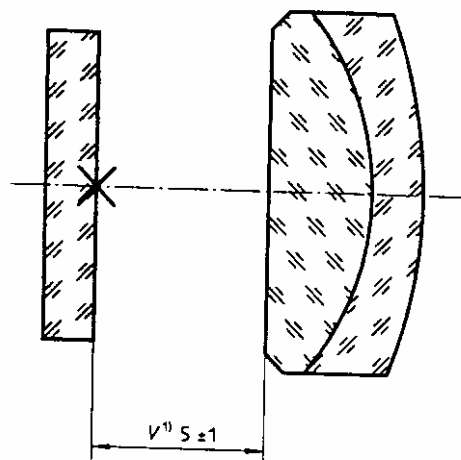
- 1) Отъюстировать на лучшую фокусировку, точность юстировки $\pm 0,02$.

Рисунок 32 — Юстируемый воздушный промежуток по оси

5.2.3 Переменные воздушные промежутки по оси

Некоторые расстояния по оси может потребоваться изменять при эксплуатации собранной системы. Они должны быть обозначены буквой "V". Величина изменения вместе с причиной изменения должна быть показана на рисунке (см. фигуру 33).

Если необходимо, должна быть приведена также требуемая точность.



- 1) Фокусировка окуляра, изменение ± 3 диоптр.

Рисунок 33 — Переменный воздушный промежуток по оси

5.3 Плоскости изображения, зрачки, полевые диафрагмы и другие отверстия

Положения и размеры плоскостей изображения, зрачков, полевых диафрагм и других отверстий на чертежах оптических схем должны быть нарисованы следующим образом:

- а) положение плоскости изображения должно быть нарисовано в виде перекрестия (т. е. "X") на оптической оси (см. фигуры 34 и 35);
- в) положение зрачка должно быть нарисовано в виде короткой сплошной линии (линия типа А, ISO 128) поперек оптической оси (см. фигуру 36);



Рисунок 34 — Обозначение положения плоскости изображения (в пространстве)

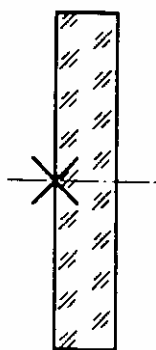


Рисунок 35 — Обозначение положения плоскости изображения (на поверхности)

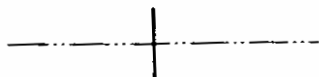


Рисунок 36 — Положение зрачка

- с) физические отверстия должны быть нарисованы в виде сплошных толстых линий (линии типа А, ISO 128), определяющих положение; размеры должны быть нарисованы в виде сплошных тонких линий (линии типа В, ISO 128), параллельных оси (см. фигуры 37 и 38). Другие отверстия должны быть нарисованы аналогичным образом, но штриховыми, толстыми линиями (линии типа Е, ISO 128) (см. фигуру 39).

Когда требуется, то полевые диафрагмы должны быть отмечены буквами FS_1 , FS_2 , и т.д., зрачки должны быть отмечены буквами P_1 , P_2 , и т.д., последовательно с ходом падающего света (см. фигуры 37 и 38).

Размеры полевых диафрагм, зрачков и плоскостей изображения должны быть показаны рядом с диафрагмой, зрачком или плоскостью изображения (см. фигуры 37 ... 39).

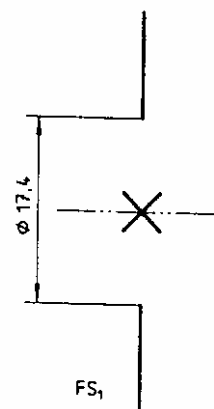


Рисунок 37 — Физическое отверстие (полевая диафрагма)

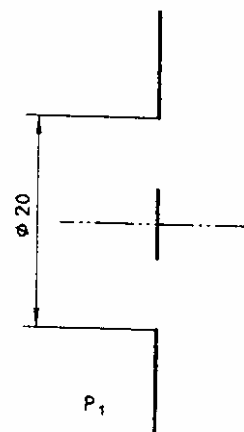


Рисунок 38 — Физическое отверстие, располагаемое в зрачке P_1

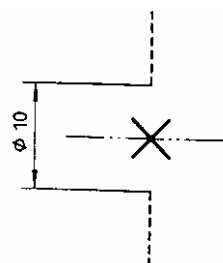


Рисунок 39 — Плоскость изображения без физического отверстия

Приложение А
(информационное)

Примеры чертежей оптических элементов

Фигуры А.1 ... А.3 нарисованы в соответствии с ISO 10110-1 ... ISO 10110-9 и ISO 10110-13.

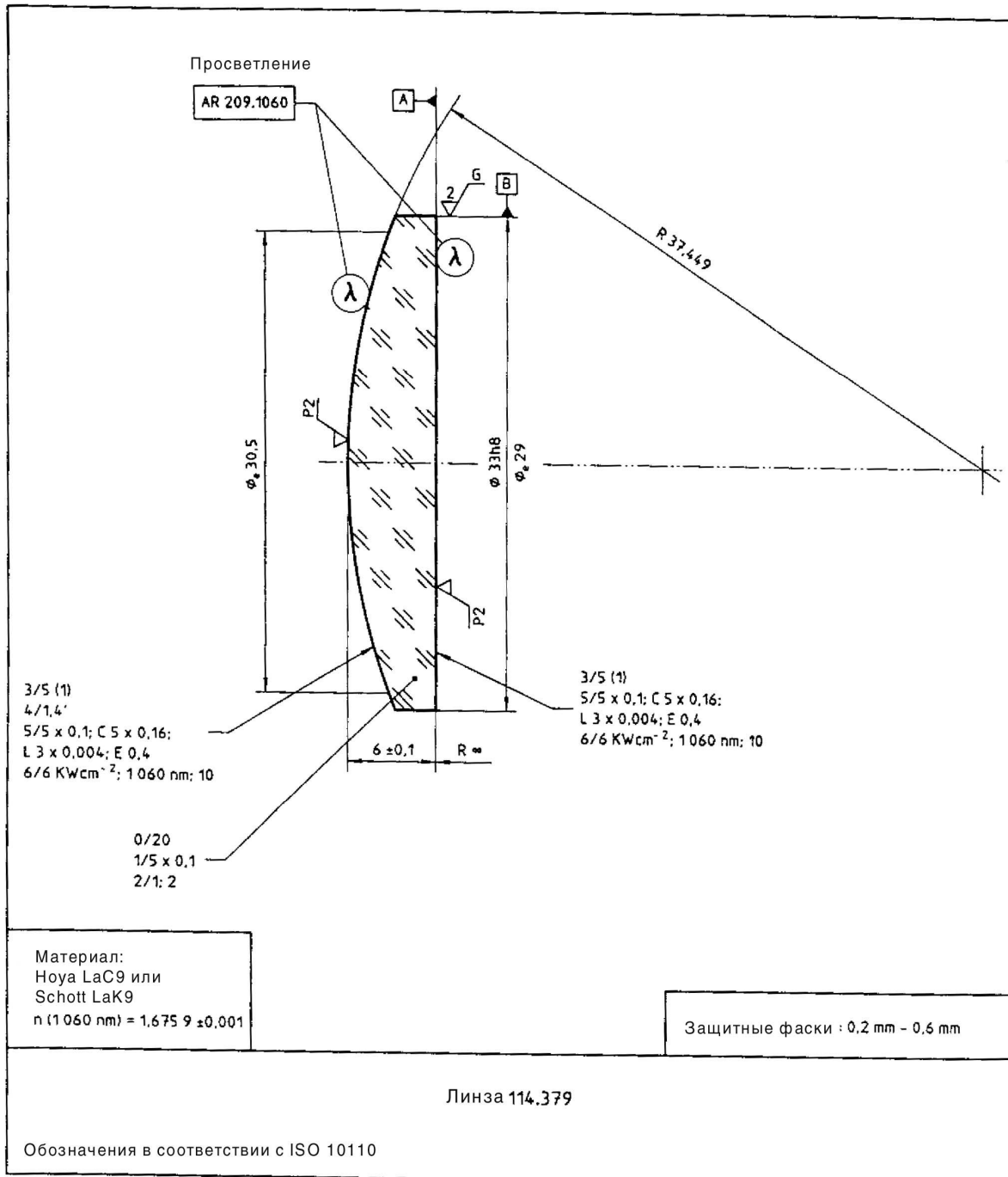


Рисунок А.1. Пример чертежа линзового элемента

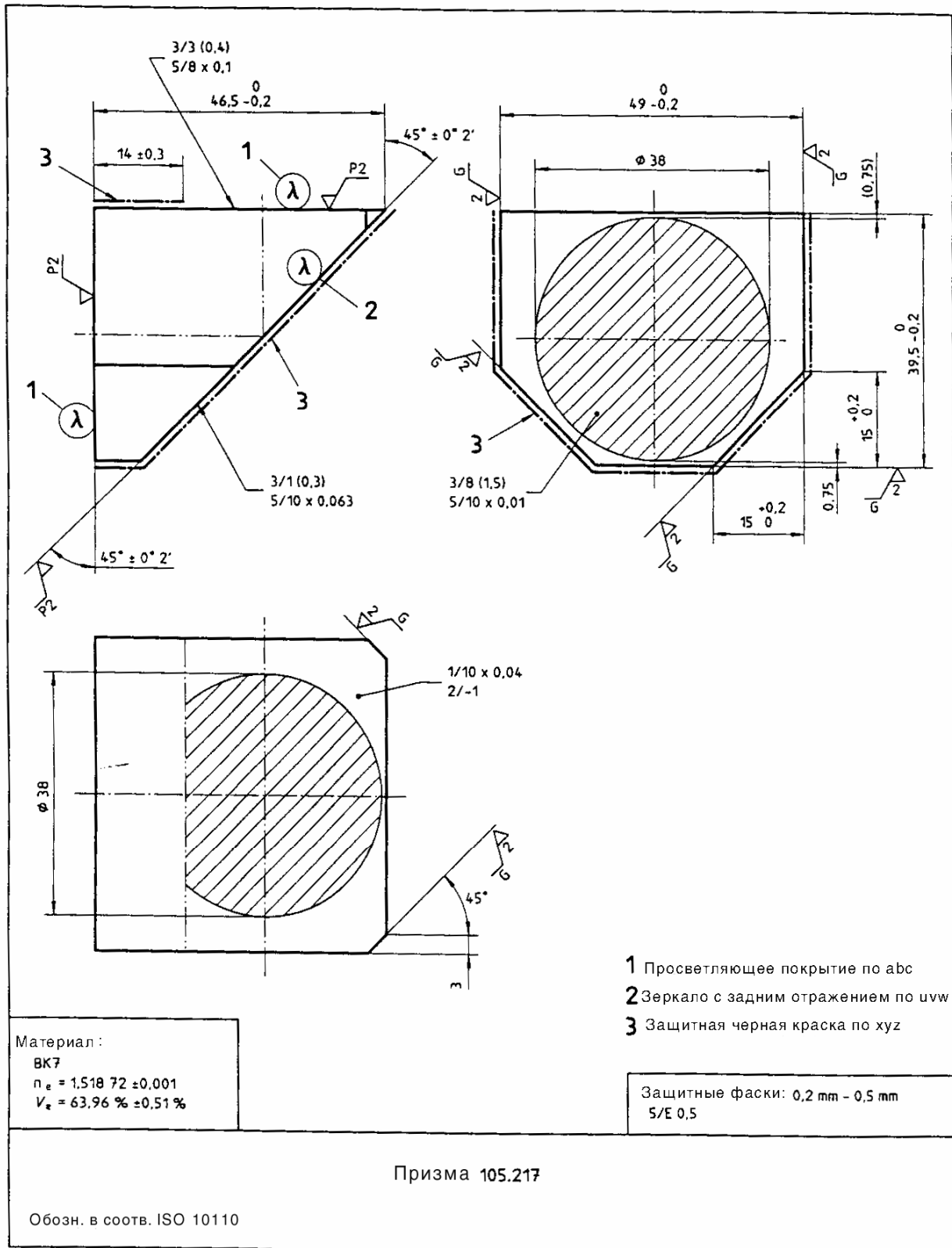


Рисунок А.3 — Пример чертежа призмы

Приложение В (информационное)

Библиография

- [1] ISO 128:1982, Technical drawings – General principles of presentation.
- [2] ISO 406:1987, Technical drawings – Tolerancing of linear and angular dimensions.
- [3] ISO 7944-1:1984, Optics and optical instruments – Reference Wavelengths.
- [4] ISO 10110-7:1996, Optics and optical instruments– Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 7: Surface imperfection tolerances.
- [5] ISO 10110-8:1997, Optics and optical instruments– Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 8: Surface texture.
- [6] ISO 10110-9:1996, Optics and optical instruments– Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 9: Surface treatment and coating.
- [7] ISO 10110-10:1996, Optics and optical instruments– Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 10: Table representing data of a lens element.
- [8] ISO 10110-11:1996, Optics and optical instruments– Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 11: Non-toleranced data.
- [9] ISO 10110-13:—¹⁾, Optics and optical instruments– Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 13: Laser irradiation damage threshold.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
СТАНДАРТ

ISO
10110 – 2

Первое издание
1996-03-15

**Оптика и оптические приборы –
Правила оформления чертежей оптических
элементов и систем –**

Часть 2:

**Дефекты материала – Двулучепреломление, вы-
зываемое напряжением**

*Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical
elements and systems-*

Part 2: Material imperfections – Stress birefringence

*Optique et instruments d'optique – Indications sur les dessins pour
elements et systemes optiques-*

Partie 2: Imperfections des materiaux – Birefringence sous contrainte



Ссылочный номер
ISO 10110-2: 1996 (E)

Предисловие

ISO (Международная организация по стандартизации) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (членов организации ISO). Работа по разработке Международных стандартов обычно выполняется техническими комитетами ISO. Каждый член организации, интересующийся темой, разработка которой поручена техническому комитету, имеет право сотрудничать в этом комитете. Международные организации, государственные и негосударственные, связанные с ISO, так же принимают участие в работе. ISO при всех разработках электротехнических стандартов, тесно сотрудничает с Международной Электротехнической Комиссией [International Electrotechnical Commission] (IEC).

Проекты Международных Стандартов, принимаемые техническими комитетами, предъявляются членам организации на согласование. Публикация в качестве Международного стандарта требует согласия по крайней мере 75% членов организации, обладающих правом голоса.

Международный стандарт ISO 10110 – 2 был разработан Техническим Комитетом ISO/TC172, *Optics and optical instruments* (Оптика и оптические приборы), Подкомитетом SC1, *Fundamental standards* [Основные стандарты].

ISO 10110 состоит из следующих частей, под общим названием *Optics and optical instruments - Preparation of drawings for optical elements and systems* (Оптика и оптические приборы - Правила оформления чертежей оптических элементов и систем):

- *Part 1: General* [Часть 1: Общие положения]
- *Part 2: Material imperfections – Stress birefringence* [Часть 2: Дефекты материала – Двулучепреломление, вызываемое напряжением]
- *Part 3: Material imperfections – Bubbles and inclusions* [Часть 3: Дефекты материала – Пузыри и включения]
- *Part 4: Material imperfections – Inhomogeneity and striae* [Часть 4: Дефекты материала – Неоднородности и свили]
- *Part 5: Surface form tolerances* [Часть 5: Допуски на форму поверхности]
- *Part 6: Centering tolerances* [Часть 6: Допуски на центрировку]
- *Part 7: Surface imperfection tolerances* [Часть 7: Допуски на дефекты поверхности]
- *Part 8: Surface texture* [Часть 8: Текстура поверхности]
- *Part 9: Surface treatment and coating* [Часть 9: Поверхностная обработка и покрытия]

– *Part 10: Table representing data of a lens element [Часть 10: Табличная форма представления данных линзового элемента]*

– *Part 11: Non-toleranced data [Часть 11: Данные без допусков]*

– *Part 12: Aspheric surfaces [Часть 12: Асферические поверхности]*

– *Part 13: Laser irradiation damage threshold [Часть 13: Порог разрушения лазерным облучением]*

Приложения А и В этой части ISO 10110 являются только информационными.

Оптика и оптические приборы – Правила оформления чертежей оптических элементов и систем –

Часть 2:

Дефекты материала – Двулучепреломление, вызываемое напряжением

1 Область использования

ISO 10110 оговаривает правила представления конструктивных и функциональных требований к оптическим элементам и системам на технических чертежах, используемых при производстве и контроле.

Эта часть ISO 10110 оговаривает обозначение допуска на двулучепреломление, вызываемое напряжением, в оптических элементах, изготавливаемых из изотропного материала.

2 Определение

Для целей этой части ISO 10110 применяются следующие определения

2.1 двулучепреломление, вызываемое напряжением: Результат остаточных напряжений внутри стеклянной заготовки, вызываемых различной скоростью охлаждения в процессе формовки и/или процесса отжига, или некоторыми процессами изготовления, воздействующими на оптический элемент извне.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Двулучепреломление создается разностью показателей преломления в стекле для света, поляризованного параллельно или перпендикулярно к остаточному напряжению. Это может оказывать влияние на качество волнового фронта или на разность оптических путей света, пропускаемого оптическим элементом.

3. Допустимое двулучепреломление, вызываемое напряжением

Разность оптических путей (OPD) Δs между ортогональными поляризациями света, проходящего через толщу образца, яв-

ляется мерой двулучепреломления. Она определяется в нанометрах по формуле

$$\Delta s = a \cdot \sigma \cdot K$$

где

- a длина пути в образце, в сантиметрах;
- σ остаточное напряжение, в ньютонах на квадратный миллиметр;
- K разность между фотоупругими постоянными, в единицах 10^{-7} квадратных миллиметров на ньютон ($10^{-7} \text{ мм}^2 \cdot \text{Н}^{-1}$).

Вызываемое остаточным напряжением двулучепреломление характеризуется в терминах разности оптических путей на единицу длины пути, в нанометрах на сантиметр. Запозывание более чем на 20 nm/cm на эталонной толщине, в общем, соответствует “сырому” отожженному стеклу, в то время как запозывание меньше чем на 10 nm/cm на эталонной толщине относится к “тонкому” отжигу и обычно характерно для точных оптических элементов.

4 Обозначение на чертежах

4.1 Характеристика допуска на двулучепреломление, вызываемое напряжением, определяется кодовым номером и величиной максимально допустимой OPD на единицу длины пути.

4.2 Кодовым номером двулучепреломления, вызываемого напряжением, является число 0 (нуль).

4.3 Обозначение указывается в виде: 0/A

4.4 A представляет максимально допустимое двулучепреломление, вызываемое напряжением, в нанометрах на сантиметр оптической длины пути.

4.5 Обозначение должно быть записано вблизи оптического элемента, к которому оно относится. Если необходимо, то обозначение может быть соединено с элементом с помощью линии-выноски. Предпочтительно его объединять с другими обозначениями дефектов материала (пузырностью, неоднородностью и свилями; см. ISO 10110-3 и ISO 10110-4).

(Примеры приводятся в пункте 5 и в ISO 10110 -1:1996, приложение A).

Альтернативно, для линзовых элементов, обозначение может приводиться в таблице в соответствии с 10110 -10.

5 Пример

(см. также ISO 10110-1:1996, приложение A)

Рисунок 1 показывает, в качестве примера, обозначение максимально допустимого двулучепреломления, вызываемого напряжением, 10 nm/cm для линзового элемента.

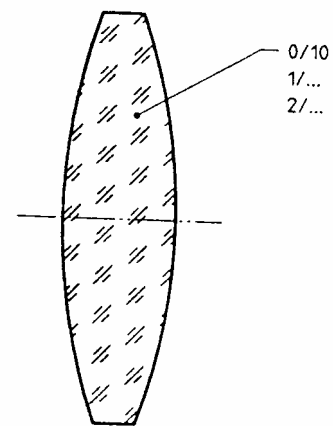


Рисунок 1 – Пример обозначения допуска на двулучепреломление, вызываемое напряжением

Приложение А (информационное)

Допуск на двулучепреломление

Это приложение не определяет правила выбора допусков

Таблица А.1 дает примеры допусков на двулучепреломление с соответствующими типичными областями применения

Таблица А.1 – Примеры допусков на двулучепреломление и типичные области применения

Допустимая разность оптических путей (OPD) на см пути в стекле	Типичные области применения
$< 2 \text{ nm/cm}$	Поляризационные приборы Интерференционные приборы
5 nm/cm	Точная оптика Астрономическая оптика
10 nm/cm	Фотографическая оптика Оптика микроскопов
20 nm/cm	Лупы Оптика видоискателей
Без требований	Осветительная оптика

Приложение В (информационное)

Библиография

[1] ISO 10110-1:1996, *Optics and optical instruments— Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 1: General.*

[Оптика и оптические приборы— Правила оформления чертежей оптических элементов и систем — Часть 1: Общие положения].

[2] ISO 10110-3:1996, *Optics and optical instruments— Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 3: Material imperfections — Bubbles and inclusions.*

[Оптика и оптические приборы— Правила оформления чертежей оптических элементов и систем — Часть 3: Дефекты материала — Пузыри и включения].

[3] ISO 10110-4:—¹⁾, *Optics and optical instruments— Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 4: Material imperfections — Inhomogeneity and striae.*

[Оптика и оптические приборы— Правила оформления чертежей оптических элементов и систем — Часть 4: Дефекты материала — Неоднородности и свили].

МЕЖДУНАРОД-
НЫЙ

ISO

СТАН-
10110 – 3

Первое издание

1996-03-15

ДАРТ



10110-3: 1996 (E)

**Оптика и оптические приборы –
Правила оформления чертежей оптических
элементов и систем –**

**Часть 3:
Дефекты материала – Пузыри и включения**

*Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical
elements and systems-*

Part 3: Material imperfections – Bubbles and inclusions

*Optique et instruments d'optique – Indications sur les dessins pour
elements et systemes optiques-*

Partie 3: Imperfections des materiaux – Bulles et inclusions

Предисловие

ISO (Международная организация по стандартизации) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (членов организации ISO). Работа по разработке Международных стандартов обычно выполняется техническими комитетами ISO. Каждый член организации, интересующийся темой, разработка которой поручена техническому комитету, имеет право сотрудничать в этом комитете. Международные организации, государственные и негосударственные, связанные с ISO, так же принимают участие в работе. ISO при всех разработках электротехнических стандартов, тесно сотрудничает с Международной Электротехнической Комиссией [International Electrotechnical Commission] (IEC).

Проекты Международных Стандартов, принимаемые техническими комитетами, предъявляются членам организации на согласование. Публикация в качестве Международного стандарта требует согласия по крайней мере 75% членов организации, обладающих правом голоса.

Международный стандарт 10110 – 5 был разработан Техническим Комитетом ISO/TC172, *Optics and optical instruments* (Оптика и оптические приборы), Подкомитетом SC1, *Fundamental standards* [Основные стандарты].

ISO 10110 состоит из следующих частей, под общим названием *Optics and optical instruments - Preparation of drawings for optical elements and systems* (Оптика и оптические приборы - Правила оформления чертежей оптических элементов и систем):

- *Part 1: General* [Часть 1: Общие положения]
- *Part 2: Material imperfections – Stress birefringence* [Часть 2: Дефекты материала – Двулучепреломление, вызываемое напряжением]
- *Part 3: Material imperfections – Bubbles and inclusions* [Часть 3: Дефекты материала – Пузыри и включения]
- *Part 4: Material imperfections – Inhomogeneity and striae* [Часть 4: Дефекты материала – Неоднородности и свили]
- *Part 5: Surface form tolerances* [Часть 5: Допуски на форму поверхности]
- *Part 6: Centering tolerances* [Часть 6: Допуски на центрировку]
- *Part 7: Surface imperfection tolerances* [Часть 7: Допуски на дефекты поверхности]
- *Part 8: Surface texture* [Часть 8: Текстура поверхности]
- *Part 9: Surface treatment and coating* [Часть 9: Поверхностная обработка и покрытия]

– *Part 10: Table representing data of a lens element* [Часть 10: Табличная форма представления данных линзового элемента]

– *Part 11: Non-toleranced data* [Часть 11: Данные без допусков]

– *Part 12: Aspheric surfaces* [Часть 12: Асферические поверхности]

– *Part 13: Laser irradiation damage threshold* [Часть 13: Порог разрушения лазерным облучением]

Приложение А этой части ISO 10110 является только информационным.

Оптика и оптические приборы – Правила оформления чертежей оптических элементов и систем –

Часть 3:

Дефекты материала – Пузыри и включения Область использования

ISO 10110 оговаривает правила представления конструктивных и функциональных требований к оптическим элементам и системам в технических чертежах, используемых при производстве и контроле.

Эта часть ISO 10110 оговаривает обозначение допустимого уровня пузырей и других включений в оптических элементах.

2 Определения

Для целей этой части ISO 10110 применяются следующие определения

2.1 пузыри: Газовые пустоты в объеме материала, обычно круглого поперечного сечения, которые иногда появляются в стекле как результат процесса изготовления.

2.2 другие включения: Все локализованные в объеме материала дефекты в основном круглого поперечного сечения, включая узловые свищи, небольшие камни, песчинки и кристаллы.

3 Допустимые пузыри и другие включения

В результате процесса плавки стекла и термообработки в стекле обнаруживаются пузыри и другие включения, распределенные примерно в постоянном количестве на единицу объема стекла. Их число зависит от марки стекла и метода изготовления.

Вредное воздействие пузырей и включений на качество оптического изображения приблизительно пропорционально их площади проекции поперечного сечения:

- пузыри и другие включения рассеивают свет пропорционально их площади;
- вблизи плоскости изображения пузыри и другие включения нежелательны из-за их видимости и, следовательно, по причине их площади поперечного сечения.

По этим причинам стекло традиционно классифицируется по классу пузырьности в терминах видимой площади поперечного сечения пузырей и других включений на единицу объема стекла; тем не менее, эта часть ISO 10110 применяется к отдельным оптическим элементам.

3.1 Технические характеристики

Характеристика пузырей и других включений, которые допустимы в элементе, указывается в виде $N \times A$:

N - число пузырей и включений максимально допустимого размера, принимаемых в расчет;

градационное число A представляет меру их размера. Оно равно квадратному корню из спроектированной площади самого большого допустимого пузыря и/или включения, выраженного в миллиметрах. Предпочтительные величины A указаны в первом столбце таблицы 1.

3.2 Классификация

Большее число пузырей и других включений с меньшим градационным числом раз-

решается, если сумма спроектированных площадей пузырей и включений не превосходит

$$N \times A^2 \quad (= \text{максимальная суммарная площадь})$$

Градационные числа указаны в колонках таблицы 1, а соответствующие коэффициенты умножения приведены в первой строчке таблицы.

Таблица показывает, например, что шесть пузырей градационного числа 0,10 имеют ту же самую площадь, как и один пузырь градационного числа 0,25.

При определении числа допустимых пузырей и другие включения с градационным числом 0,16A или меньше не учитываются.

3.3 Скопления

Скопления пузырей и других включений не допускаются. Скопления встречаются тогда, когда более чем 20% из числа пузырей и других включений находятся в любых 5% контролируемой области. Если суммарное число пузырей и других включений меньше чем 10, то тогда 2 или больше пузырей или других включений, находящихся в 5% подобласти, образуют скопление.

4 Обозначение на чертежах

4.1 Обозначение пузырей и других включений, которые допустимы в элементе, определяется кодовым номером и числовым выражением.

4.2 Кодовым номером пузырей и других включений является число 1.

4.3 Запись производится в виде : 1/N x A.

4.4 Выражение N x A определяется в соответствии с пунктом 3.

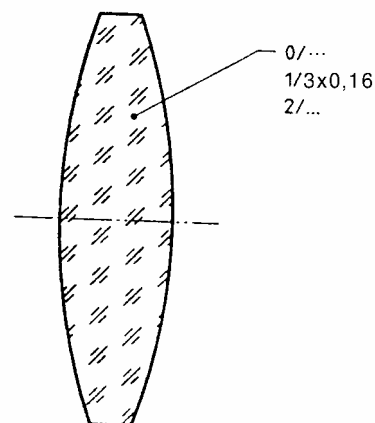
4.5 Обозначение должно быть записано вблизи оптического элемента, к которому оно относится. Если необходимо, то обозначение может быть соединено с элементом с помощью линии-выноски. Предпочтительно его объединять с другими обозначениями дефектов материала (двулучепреломлением, вызываемым напряжением, неоднородностями и свиллями; см. ISO 10110-2 и ISO 10110-4).

Альтернативно, для линзовых элементов, обозначение может приводиться в таблице в соответствии с ISO 10110-10.

5 Пример

(см. также ISO 10110-1:1996, приложение А).

Фигура 1 показывает, в качестве примера, запись максимум 3 допустимых пузырей и других включений градационного числа 0,16.



Фигура 1 — Пример обозначения допуска на пузыри и другие включения

Таблица А.1 – Обозначение предпочтительных размеров и коэффициентов для подразделения пузырей и других включений

	Коэффициенты умножения			
	1 (предпочтительные величины)	2,5	6,3	16
Градационные числа А, мм	0,006			
	0,010	0,006		
	0,016	0,010	0,006	
	0,025	0,016	0,010	0,006
	0,040	0,025	0,016	0,010
	0,063	0,040	0,025	0,016
	0,10	0,063	0,040	0,025
	0,16	0,10	0,063	0,040
	0,25	0,16	0,10	0,063
	0,40	0,25	0,16	0,10
	0,63	0,40	0,25	0,16
	1,0	0,63	0,40	0,25
	1,6	1,0	0,63	0,40
	2,5	1,6	1,0	0,63
	4,0	2,5	1,6	1,0

ПРИМЕР

Если запись имеет вид $1/2 \times 0,25$ (т.е. 2 пузыря градационного числа 0,25), тогда допускаются $2 \times 2,5 \approx 5$ пузырей и/или включений градационного числа 0,16, или $2 \times 6,3 \approx 12$ пузырей градационного числа 0,1 или $2 \times 16 \approx 32$ пузыря градационного числа 0,063. Альтернативно, любая, соответствующая вышеуказанная комбинация допустима, в предположении, что суммарная спроектированная площадь всех пузырей и/или включений с градационным числом большим, чем $0,16 \times 0,25 = 0,04$ не может превышать $2 \times 0,25^2 \text{ мм}^2 = 0,125 \text{ мм}^2$.

Приложение А (информационное)

Библиография

[1] ISO 10110-1:1996, *Optics and optical instruments— Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 1: General*. [Оптика и оптические приборы— Правила оформления чертежей оптических элементов и систем — Часть 1: Общие положения].

[2] ISO 10110-2:1996, *Optics and optical instruments— Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 2: Material imperfections — Stress birefringence*. [Оптика и оптические приборы— Правила оформления чертежей оптических элементов и систем — Часть 2: Дефекты материала — Двулучепреломление, вызываемое напряжением].

[3] ISO 10110-4:1997, *Optics and optical instruments— Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 4: Material imperfections — Inhomogeneity and striae*. [Оптика и оптические приборы— Правила оформления чертежей оптических элементов и систем — Часть 4: Дефекты материала — Неоднородности и свили].

[4] ISO 10110-10:1996, *Optics and optical instruments— Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 10: Table representing data of a lens element*. [Оптика и оптические приборы— Правила оформления чертежей оптических элементов и систем — Часть 10: Табличная форма представления данных линзового элемента].

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ISO СТАНДАРТ

10110 –4

Первое издание
1997-08-01

**Оптика и оптические приборы –
Правила оформления чертежей оптических
элементов и систем –**

Часть 4:

Дефекты материала – Неоднородности и свиля

*Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical
elements and systems-*

Part 4: Material imperfections – Inhomogeneity and striae

*Optique et instruments d'optique – Indications sur les dessins pour
elements et systemes optiques-*

Partie 4: Imperfections des materiaux – Heterogeneite et stries



Ссылочный номер
ISO 10110-4: 1997
(E)

Предисловие

ISO (Международная организация по стандартизации) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (членов организации ISO). Работа по разработке Международных стандартов обычно выполняется техническими комитетами ISO. Каждый член организации, интересующийся темой, разработка которой поручена техническому комитету, имеет право сотрудничать в этом комитете. Международные организации, государственные и негосударственные, связанные с ISO, так же принимают участие в работе. ISO при всех разработках электротехнических стандартов, тесно сотрудничает с Международной Электротехнической Комиссией [International Electrotechnical Commission] (IEC).

Проекты Международных Стандартов, принимаемые техническими комитетами, предъявляются членам организации на согласование. Публикация в качестве Международного стандарта требует согласия по крайней мере 75% членов организации, обладающих правом голоса.

Международный стандарт 10110 – 4 был разработан Техническим Комитетом ISO/TC172, *Optics and optical instruments* (Оптика и оптические приборы), Подкомитетом SC1, *Fundamental standards* [Основные стандарты].

ISO 10110 состоит из следующих частей, под общим названием *Optics and optical instruments - Preparation of drawings for optical elements and systems* (Оптика и оптические приборы - Правила оформления чертежей оптических элементов и систем):

- *Part 1: General* [Часть 1: Общие положения]
- *Part 2: Material imperfections – Stress birefringence* [Часть 2: Дефекты материала – Двулучепреломление, вызываемое напряжением]
- *Part 3: Material imperfections – Bubbles and inclusions* [Часть 3: Дефекты материала – Пузыри и включения]
- *Part 4: Material imperfections – Inhomogeneity and striae* [Часть 4: Дефекты материала – Неоднородности и свили]
- *Part 5: Surface form tolerances* [Часть 5: Допуски на форму поверхности]
- *Part 6: Centering tolerances* [Часть 6: Допуски на центрировку]
- *Part 7: Surface imperfection tolerances* [Часть 7: Допуски на дефекты поверхности]
- *Part 8: Surface texture* [Часть 8: Текстура поверхности]

– Part 9: *Surface treatment and coating* [Часть 9: Поверхностная обработка и покрытия]

– Part 10: *Table representing data of a lens element* [Часть 10: Табличная форма представления данных линзового элемента]

– Part 11: *Non-toleranced data* [Часть 11: Данные без допусков]

– Part 12: *Aspheric surfaces* [Часть 12: Асферические поверхности]

– Part 13: *Laser irradiation damage threshold* [Часть 13: Порог разрушения лазерным облучением]

Приложение А этой части ISO 10110 является только информационным

Оптика и оптические приборы — Правила оформления чертежей оптических элементов и систем —

Часть 4:

Дефекты материала — Неоднородности и свили

1 Область использования

ISO 10110 оговаривает правила представления конструктивных и функциональных требований к оптическим элементам и системам в технических чертежах, используемых при производстве и контроле.

Эта часть ISO 10110 оговаривает правила обозначения допустимых неоднородностей и свилей в оптических элементах.

2 Определения

Для целей этой части ISO 10110 применяются следующие определения.

2.1 неоднородность: Постепенное изменение показателя преломления внутри оптического элемента, определяемое в виде разности между максимальной и минимальной величинами показателя преломления внутри элемента.

ПРИМЕЧАНИЕ — Неоднородность вызывается изменением химического состава и другими эффектами внутри массы материала.

2.2 свиль: Неоднородности, имеющие небольшие пространственные размеры.

ПРИМЕЧАНИЕ — Свиль может выглядеть в форме резко ограниченных нитеобразных областей особенно, когда стекло изготавливается методом плавки в глиняном горшке. Метод плавления в ванне, который может вызывать лентообразную структуру свилей, в настоящее время является более обычным при производстве оптического стекла.

3 Технические характеристики

3.1 Классы неоднородности

Бесконтактное измерение неоднородности внутри оптического элемента, как правило, является очень трудной задачей. Поэтому характеристика класса однородности оптического элемента очень полезна при выборе сырьевого материала.

Для характеристики неоднородности устанавливается шесть классов. Им соответствуют допустимые изменения показателя преломления внутри оптического элемента. Величины приводятся в таблице 1.

Таблица 1 — Классы неоднородности

Класс	Максимально допустимое изменение показателя преломления внутри детали 10^{-6}
0	± 50
1	± 20
2	± 5
3	± 2
4	± 1
5	$\pm 0,5$

3.2 Классы свилей

В противоположность неоднородности свиля внутри готовой детали может быть легко обнаруживаемой. Поэтому характеристика класса свиля для оптического элемента служит не только отбору сырьевого материала, но и позволяет также проконтролировать, насколько соответствует готовая деталь техническим требованиям.

Для целей этой части ISO 10110 свиля подразделяются на пять характерных классов. Для классов 1...4 свиля учитываются только, если они вызывают разность оптических путей Δs не менее 30 nm. При этом условия свиля могут контролироваться и классифицироваться по их площади, спроектированной перпендикулярно оптическому пути, проходящему через элемент. Класс 5 допускает также характеристику допусков на свиля, вызывающих разность оптических путей, меньшую, чем 30 nm.

Классы 1...4 касаются плотности свилей, которая определяется в виде отношения эффективной спроектированной площади свилей к площади контролируемой области. Величины приводятся в таблице 2.

Класс 5 применяется к оптическим элементам с очень высокими требованиями по качеству. Ограничение свилями, превышающими 30 nm разность оптических путей, в этом случае не применимо. Следует отметить, что для очень слабых свилей характеристика максимальной плотности не годится.

Свиля, вызывающие разность оптических путей $\Delta s > 150$ nm в оптических стеклах и стеклянных фильтрах обычно не встречается.

Таблица 2 — Класс свилей

Класс	Плотность свилей, вызывающих разность оптических путей не менее 30 nm в %
1	≤ 10
2	≤ 5
3	≤ 2
4	≤ 1
5	Экстремально свободен от свилей Ограничение для свилей, превосходящих 30 nm, не применяется Дополнительная информация приводится в примечании к чертежу

4. Обозначение на чертежах

Эти дефекты материала обозначаются на чертежах кодовым номером, следующим за ним косым штрихом, и номерами классов неоднородности и свилей.

4.1 Кодовый номер

Кодовым номером неоднородностей и свилей является число 2.

4.2 Структура обозначения

Обозначение записывается следующим образом:

2/A; B

где А представляет номер класса неоднородности, соответствующий таблице 1, а В представляет номер класса свиля, соответствующий таблице 2.

Если характеристика однородности не нужна, то вместо А применяется черточка.

Если характеристика свилей не нужна, то вместо В применяется черточка.

4.3 Размещение

Обозначение должно записываться вблизи оптического элемента, к которому оно относится. Если необходимо, то обозначение может соединяться с элементом с помощью линии-выноски. Предпочтительно объединять его с другими обозначениями дефектов материала (двулучепреломление, вызываемое напряжением, и пузыри, см. ISO 10110-2 и ISO 10110-3). Примеры такого обозначения приведены в 4.4 и ISO 10110-1:1996, приложение А.

Альтернативно, для линзовых элементов обозначение может приводиться в таблице в соответствии с ISO 10110-10.

4.4 Пример обозначения

Рисунок 1 показывает, в качестве примера, оптический элемент с классом неоднородности 3, классом свилей 2.

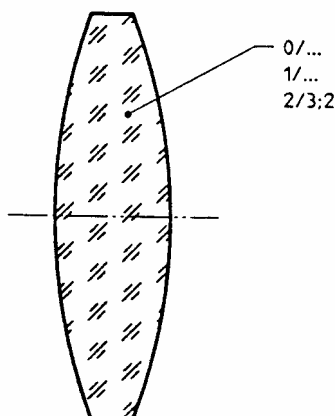


Рисунок 1 — Пример обозначения допуска на неоднородность и свиля

Приложение А (информационное)

Библиография

[1] ISO 10110-1:1996, *Optics and optical instruments— Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 1: General*. [Оптика и оптические приборы— Правила оформления чертежей оптических элементов и систем — Часть 1: Общие положения].

[2] ISO 10110-2:1996, *Optics and optical instruments— Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 2: Material imperfections — Stress birefringence*. [Оптика и оптические приборы— Правила оформления чертежей оптических элементов и систем — Часть 2: Дефекты материала — Двулучепреломление, вызываемое напряжением].

[3] ISO 10110-3:1997, *Optics and optical instruments— Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 3: Material imperfections — Bubbles and inclusions*. [Оптика и оптические приборы— Правила оформления чертежей оптических элементов и систем — Часть 3: Дефекты материала — Пузыри и включения].

[4] ISO 10110-10:1996, *Optics and optical instruments— Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 10: Table representing data of a lens element*. [Оптика и оптические приборы— Правила оформления чертежей оптических элементов и систем — Часть 10: Табличная форма представления данных линзового элемента].

**Оптика и оптические приборы –
Правила оформления чертежей оптических
элементов и систем –**

Часть 5:

Допуски на форму поверхности

Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical
elements and systems-

Part 5: Surface for tolerances

Optique et instruments d'optique – Indications sur les dessins pour
elements et systemes optiques-



Предисловие

ISO (Международная организация по стандартизации) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (членов организации ISO). Работа по разработке Международных стандартов обычно выполняется техническими комитетами ISO. Каждый член организации, интересующийся темой, разработка которой поручена техническому комитету, имеет право сотрудничать в этом комитете. Международные организации, государственные и негосударственные, связанные с ISO, так же принимают участие в работе. ISO при всех разработках электротехнических стандартов, тесно сотрудничает с Международной Электротехнической Комиссией [International Electrotechnical Commission] (IEC).

Проекты Международных Стандартов, принимаемые техническими комитетами, предъявляются членам организации на согласование. Публикация, в качестве Международного стандарта, требует согласия по крайней мере 75% членов организации, обладающих правом голоса.

Международный стандарт 10110 – 5 был разработан Техническим Комитетом ISO/TC172, *Optics and optical instruments* (Оптика и оптические приборы), Подкомитетом SC1, *Fundamental standards* [Основные стандарты].

ISO 10110 состоит из следующих частей, под основным названием *Optics and optical instruments - Preparation of drawings for optical elements and systems* (Оптика и оптические приборы - Правила оформления чертежей оптических элементов и систем):

- *Part 1: General* [Часть 1: Общие положения]
- *Part 2: Material imperfections – Stress Birefringence* [Часть 2: Дефекты материала – Двулучепреломление, вызываемое напряжением]
- *Part 3: Material imperfections – Bubbles and inclusions* [Часть 3: Дефекты материала – Пузыри и включения]
- *Part 4: Material imperfections – Inhomogeneity and strial* [Часть 4: Дефекты материала – Неоднородности и свили]
- *Part 5: Surface form tolerances* [Часть 5: Допуски на форму поверхности]
- *Part 6: Centering tolerances* [Часть 6: Допуски на центрировку]
- *Part 7: Surface imperfection tolerances* [Часть 7: Допуски на дефекты поверхности]
- *Part 8: Surface texture* [Часть 8: Текстура поверхности]
- *Part 9: Surface treatment and coating* [Часть 9: Поверхностная обработка и покрытия]

– *Part 10: Table representing data of a lens element* [Часть 10: Табличная форма представления данных линзового элемента]

– *Part 11: Non-toleranced data* [Часть 11: Данные без допусков]

– *Part 12: Aspheric surfaces* [Часть 12: Асферические поверхности]

– *Part 13: Laser irradiation damage threshold* [Часть 13: Порог разрушения лазерным облучением]

Приложения А, В и С этой части ISO 10110 указаны только для информации.

Оптика и оптические приборы – Правила оформления чертежей оптических элементов и систем –

Часть 5:

Допуски на форму поверхности

1 Область использования

ISO 10110 оговаривает правила представления конструктивных и функциональных требований к оптическим элементам и системам на технических чертежах, используемых при производстве и контроле.

Эта часть ISO 10110 оговаривает правила обозначения допусков на форму поверхности.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. Для характеристики допусков используется терминология интерферометрии, и в частности для единиц, в которых точно определяются допуски, однако это не означает, что для фактического контроля деталей могут использоваться только интерферометрические методы. Могут использоваться другие, неинтерферометрические методы, если результаты переводятся в единицы, точно определяемые здесь.

Эта часть ISO 10110 применяется к поверхностям как сферической, так и асферической формы.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. ISO 10110-12 дает допуск на форму поверхности асферических поверхностей, определяемый без ссылки на эту часть ISO 10110.

Приложения А и В описывают методы определения типов ошибок формы и поверхности. Приложение С ведет речь о физической сущности среднеквадратической ошибки (rms) измерений отклонений формы поверхности.

2 Ссылки на нормативные документы

Приводимые ниже стандарты содержат положения, которые, из-за ссылок в этом тексте, составляют положения этой части ISO 10110. На период публикации указываемые издания были действующими. Все стандарты подвергаются пересмотру и части, требующие согласования, заложенные в основу в этой части ISO 10110, подтверждаются исследованием возможности применения наиболее современных изданий стандартов, приводимых ниже. Члены ИЕС и ISO ведут жур-

налы учета находящихся в обращении в настоящее время Международных стандартов.

ISO 10110-1: 1996, *Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 1: General* [ISO 10110-1: 1996, Оптика и оптические приборы – Правила оформления чертежей оптических элементов и систем – Часть 1: Общие положения].

ISO 10110-10: 1996, *Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 10: Table representing data of a lens element* [Оптика и оптические приборы – Правила оформления чертежей оптических элементов и систем – Часть 10: Табличная форма представления данных линзового элемента].

3 Определения

Для целей этой части ISO 10110 применяются следующие определения.

3.1 отклонение формы поверхности: Расстояние между контролируемой оптической поверхностью и номинальной теоретической поверхностью, измеряемое перпендикулярно теоретической поверхности, которая обычно параллельна контролируемой поверхности.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. Для целей контроля требуемая теоретическая поверхность может быть представлена с помощью контрольного стекла, интерферометрической эталонной поверхности или другого способа, измеряющего отклонение с достаточной точностью.

3.2 Размах (PV) разности [peak-to-valley (PV) difference] (между двумя поверхностями): Максимальное расстояние минус минимальное расстояние между поверхностями.

ПРИМЕЧАНИЕ 4 Если одна из поверхностей является теоретической поверхностью, то возможно, что поверхности пересекаются; в этом случае минимальное расстояние между поверхностями является отрицательным числом. Знак должен быть учтен при подсчете PV разности.

3.3 единица интервала интерференционной полосы: Отклонение формы поверхности равное половине длины волны света.

ПРИМЕЧАНИЯ

5. Когда поверхность контролируется интерферометрическим методом, отклонение формы поверхности в половину длины волны света вызывает интерференционную картину, в которой интенсивность изменяется от одной яркой интерференционной полосы до следующей, или от одной темной интерференционной полосы до следующей - т.е. наблюдается один "интервал интерференционной полосы". Для целей этой части ISO 10110 слова "интервалы интерференционной полосы" относятся не к поперечному расстоянию между интерференционными полосами, а к факту, что число интервалов интерференционных полос, наблюдаемых на интерференционной картине, соответствует числу полуволн отклонения формы поверхности.

6. См. пункт 6.2 о длине волны.

3.4. функция суммарного отклонения поверхности: Теоретическая поверхность, определяемая по разности между реальной поверхностью и желаемой теоретической поверхностью [См. фигуру 1a)]

3.5. ближайшая сферическая поверхность: Сферическая поверхность, для которой среднеквадратичная (rms) разность для функции суммарного отклонения поверхности является минимальной [См. фигуру 1b)]

ПРИМЕЧАНИЕ 7. См. пункт 5 в случае некруглых областей контроля.

3.6. ошибка стрелки (sagitta error): Размах разности между ближайшей сферической поверхностью и плоскостью.

ПРИМЕЧАНИЕ 8 Ошибка стрелки происходит из контролируемой поверхности, имеющей радиус кривизны, отличающийся от номинального радиуса.

3.7 функция нерегулярности: Теоретическая поверхность, определяемая по разности между функцией суммарного отклонения поверхности и ближайшей сферической поверхностью [См. фигуру 1c)]

3.8. нерегулярность: Размах (PV) разности между функцией нерегулярности и плоскостью, которая лучше всего приближается к ней.

ПРИМЕЧАНИЕ 9 Для номинальных сферических поверхностей нерегулярность представляет отклонение поверхности от сферичности. Для асферических поверхностей нерегулярность представляет сферическую часть функции суммарного отклонения поверхности.

гулярность представляет сферическую часть функции суммарного отклонения поверхности.

3.9. ближайшая асферическая поверхность: Поверхность, обладающая симметрией вращения, для которой среднеквадратичная (rms) разность функции нерегулярности минимальна [См. фигуру 1d)]

ПРИМЕЧАНИЕ 10. См. пункт 5 в случае некруглых областей контроля.

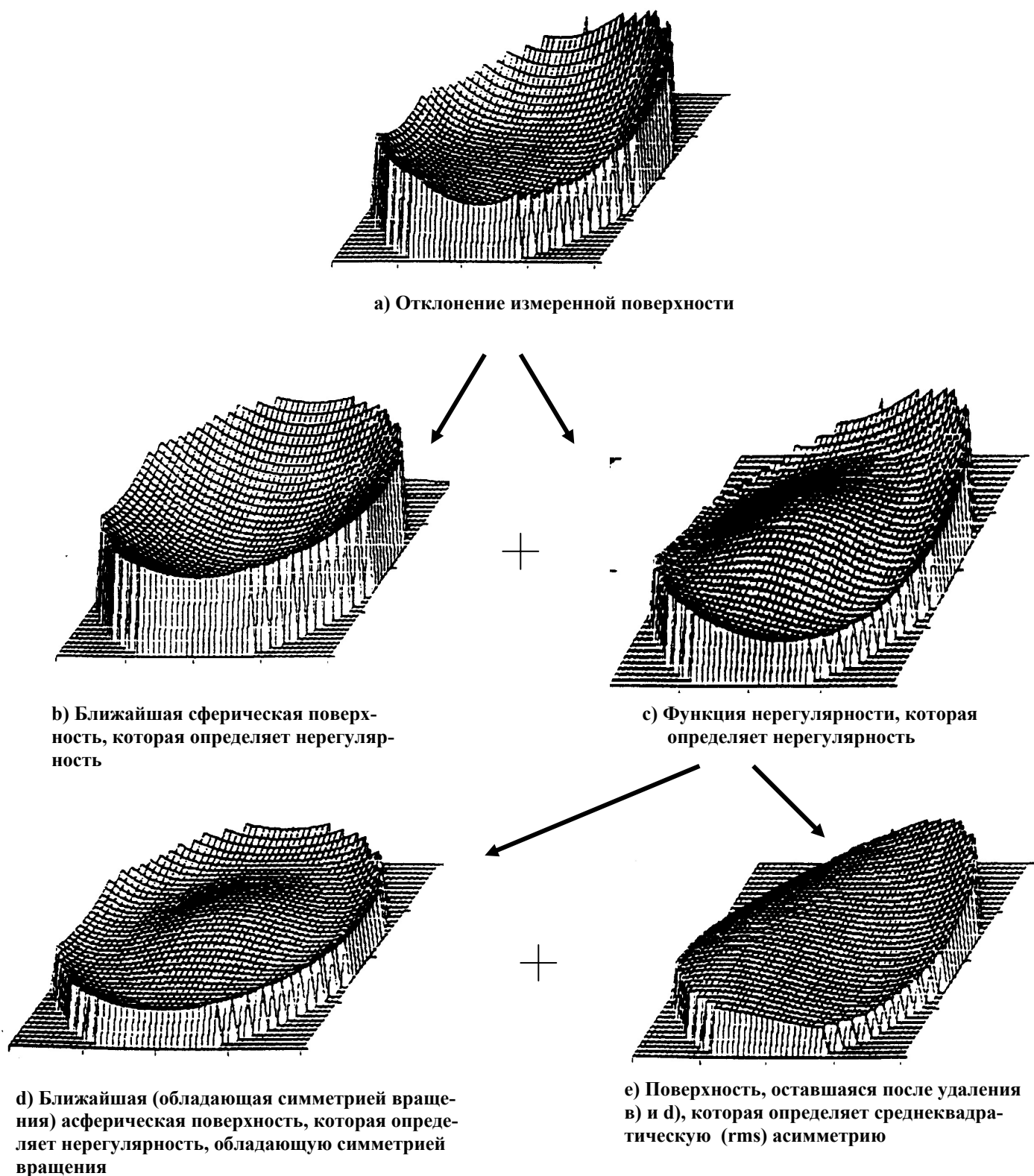
3.10 нерегулярность, обладающая симметрией вращения: Размах (PV) разности между ближайшей асферической поверхностью и плоскостью, которая более всего приближается к ней.

ПРИМЕЧАНИЕ 11. Нерегулярность, обладающая симметрией вращения, является частью, обладающей симметрией вращения, нерегулярности, определяемой в подпункте 3.8. Ее величина не может превосходить величину нерегулярности.

3.11. Суммарное среднеквадратическое (rms) отклонение, RMSi: Среднеквадратическая разность между контролируемой оптической поверхностью и желаемой теоретической поверхностью, без вычитания любого типа отклонения формы поверхности.

3.12. среднеквадратическая (rms) нерегулярность, RMSi: Среднеквадратическая величина функции нерегулярности, определяемой в 3.7.

3.13 среднеквадратическая (rms) асимметрия, RMSa: Среднеквадратическая величина разности между функцией нерегулярности и ближайшей асферической поверхностью [См. фигуру 1e)].



Фигура 1 – Пример измерений поверхности и ее разложение по типам ошибок поверхности

4. Типы отклонений формы поверхности

Допуски на отклонение формы поверхности указываются посредством подробного обозначения максимально допустимых величин ошибки стрелки (см. 3.6), нерегулярности (см. 3.8) и /или нерегулярности, обладающей симметрией вращения (3.10). Кроме того, могут быть указаны допуски для трех среднеквадратических (rms) критериев отклонения формы поверхности (см. 3.11, 3.12 и 3.13). Эти среднеквадратические (rms) критерии отклонения представляют среднеквадратическую (rms) величину функции, остающейся после вычитания различных типов отклонений поверхности.

Метод определения величины ошибки стрелки и нерегулярности, использующий технику цифрового анализа интерферограмм, приводится в приложении А. Методы, посредством которых могут быть оценены эти величины, используя контрольные стекла или визуальную интерпретацию интерферограмм, приводится в приложении В.

Метод вычисления суммарного среднеквадратического (rms) отклонения, среднеквадратической (rms) нерегулярности и среднеквадратической (rms) асимметрии, приводится в приложении А. Эти среднеквадратические (rms) критерии отклонения формы поверхности не могут быть оценены визуально.

5. Некруглые области контроля

Для некруглых областей контроля размах (PV) и среднеквадратические (rms) величины, приведенные в пункте 4, должны вычисляться только в пределах фактически существующей области контроля.

Важно отметить, что для некруглых областей контроля, сферическая поверхность, которая минимизирует среднеквадратическую (rms) разность функции суммарного отклонения поверхности (3.4), не является сферической частью ближайшей поверхности, которая является асферикой. Так же, поверхность, обладающая симметрией вращения, которая минимизирует среднеквадратическую (rms) разность функции нерегулярности (3.7), но является частью, обладающей симметрией вращения, ближайшей поверхности, которая не обладает симметрией вращения (см. приложение А).

6. Характеристика допусков на отклонение формы поверхности

Для характеристики допусков на отклонение формы поверхности применяются следующие условия.

6.1. Максимально допустимые величины ошибки стрелки, нерегулярности и неровности, обладающие симметрией вращения, должны характеризоваться в единицах интервалов интерференционных полос (см. 3.3).

Если характеристика приводится для одного или больше типов среднеквадратического (rms) отклонения, то она должна указываться в единицах интервалов интерференционных полос. Необходимо отметить, что характеристика допуска для типов среднеквадратического (rms) отклонения требует, чтобы поверхность анализировалась цифровым образом.

ПРИМЕЧАНИЕ 12 Нет необходимости, чтобы допуски подробно указывались для всех типов отклонений формы поверхности.

6.2 Если же указывается другое, то длина волны должна быть длиной волны зеленой спектральной линии ртути (e-линии), $\lambda=546,07$ нм в соответствии с ISO7944.

ПРИМЕЧАНИЕ 13 Характеристики могут переводиться из одной эталонной длины волны к другой, используя формулу

$$N_{\lambda_2} = N_{\lambda_1} \times \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

Где N_{λ_1} и N_{λ_2} - являются числами интервалов интерференционных полос при λ_1 и λ_2 соответственно.

7. Обозначение на чертежах

7.1 Допуск на форму поверхности обозначается кодовым номером и обозначениями допусков для ошибки стрелки, нерегулярности; нерегулярности, обладающей симметрией вращения, и типов среднеквадратического (rms) отклонения, соответственно.

7.2 Кодовым номером допуска на форму поверхности является число 3.

7.3 Обозначение должно иметь одну из трех форм: 3/A(B/C)

или

3/A(B/C) RMSx < D (где x является одной из букв t, i или a).

или 3/- RMSx < D (где x является одной из букв t, i или a).

Величина А является либо:

1) максимально допустимой ошибкой стрелки, как определяется в 3.6, выраженной в интервалах интерференционных полос; или

2) черточкой (—), обозначающей, что суммарный допуск на радиус кривизны приведен на размере радиуса кривизны (для плоских поверхностей не применяется).

ПРИМЕЧАНИЕ 14 Часто встречается случай, когда допуск на ошибку стрелки вычисляется посредством преобразования только части допуска от показанного допуска на радиус кривизны, в допуск на ошибку стрелки, в соответствии с пунктом 8.

Величина В является или

1) максимально допустимой величиной нерегулярности, как определяется в 3.8, выражаемой в интервалах интерференционных полос; или

2) черточкой (—), обозначающей, что точный допуск на нерегулярность не приводится.

Величина С является допустимой нерегулярностью, обладающей симметрией вращения, выражаемой в интервалах интерференционных полос, как определяется в 3.10. Если допуск не приводится, то косая черточка (/) заменяется конечной круглой скобкой, т.е. 3/А(В).

Если допуск не приводится для всех трех типов отклонения, то тогда А, В, С, косая черточка (/) и круглые скобки заменяются единственной черточкой (—), т.е. 3/—.

Величина D является максимально допустимой величиной среднеквадратической (rms) величины типа, характеризуемого знаком x, где знак x является одной из букв t, i или a. Эти отклонения определяются в 3.11 ... 3.13. Характеристика более чем одного типа среднеквадратического (rms) отклонения является допустимой. Эти характеристики должны разделяться точкой с запятой, как показано в примере 5.

Указанные допуски на форму поверхности применяются к оптически эффективной области, за исключением случая, когда обозначение применяется к небольшому контролируемому полю при всех допустимых положениях внутри оптически эффективной области. В этом случае должен добавляться к обозначению допуска диаметр контролируемого поля следующим образом:

3/А (В/С) RMSx < D (весь)

Смотри пример 3.

Нет положения давать характеристику допуска на PV для суммарного отклонения поверхности (т.е. включая как ошибку стрелки, так и нерегулярность). Если такая характеристика необходима, то эта информация должна приводиться в примечании к рисунку; например, “Суммарное отклонение поверхности 0,25λ”.

ПРИМЕЧАНИЕ 15. Такая характеристика могла бы быть полезной, например, для плоских поверхностей интерферометра.

7.4 Обозначение должно быть показано в связи с выносной линией к поверхности, к которой она относится, и должно объединяться с ошибками центрировки и дефектами поверхности. Пример такого обозначения приводится в ISO 10110-1:1996, приложение А.

Альтернативно, для линзовых элементов обозначение может приводиться в таблице в соответствии с ISO 10110-10.

Если два или более оптических элемента склеиваются (или ставятся на оптический контакт), допуски на форму поверхности, приводимые для отдельных элементов, применяются также к поверхностям оптических сборочных узлов, т.е. после склеивания (или постановки на оптический контакт), если не указывается другое. Смотрите ISO 10110-1:1996, подпункт 4.8.3.

8. Связь между допуском на ошибку стрелки и допуском на радиус кривизны

Максимально допустимое число интервалов интерференционных колец, соответствующее размеру допуска на радиус кривизны, устанавливается следующей формулой, с учетом того, что отношение $\frac{\Delta R}{R}$ является малым:

$$N = \frac{2\Delta R}{\lambda} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{0}{2R} \right)^2} \right\}$$

Если отношение $\frac{0}{R}$ является малым, то эта формула может быть заменена на приближенную

$$N \approx \left[\frac{0}{2R} \right]^2 \frac{\Delta R}{\lambda}$$

где

R	радиус кривизны;
ΔR	размер допуска на радиус кривизны;
\varnothing	диаметр области контроля; и
λ	длина волны (обычно 546,07 нм)

9 Примеры обозначения допусков

ПРИМЕР 1

3/3 (1)

Допуск на ошибку стрелки равен 3 интервалам интерференционных полос. Нерегулярность не может превосходить 1 интервал интерференционной полосы.

ПРИМЕР 2

3 интерференционной полосы.5 (-)

RMS: < 0,05

Допуск на ошибку стрелки равен 5 интервалам интерференционных полос. Соответствующие допуски не приводятся для нерегулярности или нерегулярности, обладающей симметрией вращения, но среднеквадратическая (rms) величина нерегулярности не может превышать 0,05 интервала интерференционной полосы.

ПРИМЕР 3

3/3 (1/0,5) (все 0 20)

Допуск на ошибку стрелки равен 3 интервалам интерференционных полос. Суммарная неровность не может превосходить 1 интервал интерференционной полосы. Нерегулярность, обладающая симметрией вращения, не может превосходить 0,5 интервала интерференционной полосы. Эти допуски применяются ко всем возможным полям контроля диаметром 20 мм внутри общей области контроля.

ПРИМЕР 4

3 / - (1)

Характерный допуск на ошибку стрелки не приводится; допуск на радиус кривизны указан на обозначении радиуса кривизны. Суммарная нерегулярность не может превосходить 1 интервал интерференционной полосы.

ПРИМЕЧАНИЕ 16 Если допуск на радиус кривизны не определен, то тогда применяется 10110-11:1996, таблица 1.

ПРИМЕР 5

3/ - RMS_t < 0,07; RMS_a < 0,035

Характерный допуск на ошибку стрелки, нерегулярность или нерегулярность, об-

ладающую симметрией вращения, не приводится; допуск на радиус кривизны указан в обозначении радиуса кривизны; тем не менее, когда поверхность сравнивается с желаемой теоретической поверхностью, суммарное среднеквадратическое (rms) отклонение должно быть меньше, чем 0,07 интервала интерференционной полосы, а среднеквадратическая (rms) асимметрия – меньше, чем 0,035 интервала интерференционной полосы.

ПРИМЕЧАНИЕ 17 Если допуск на радиус кривизны не указывается, то тогда применяется ISO 10110-11:1996, таблица 1.

Приложение А (информационное)

Цифровой анализ интерферограммы

Это приложение предлагает метод анализа поверхностей, которые могут быть описаны в форме полиномов.

Содержание этого приложения важно как потребителям цифровых интерферометров, так и для разработчиков программного обеспечения интерферометрии.

Примером поверхностей, к которым этот метод не может применяться, являются поверхности, имеющие интерферометрические ошибки, функции которых являются конечными фигурами, и с пространственно локализованными ошибками.

А.1 Общие положения

Количества различных типов отклонений формы поверхности определяются методом последовательной пригонки и исключения типов отклонений формы поверхности; на каждом этапе исключение одного типа отклонения формы поверхности оставляет открытым следующий тип отклонения.

Методом, с помощью которого определяется функция определенного типа, которая “лучше всего подходит” к некоторой подлинной функции, является хорошо известный метод наименьших квадратов, который минимизирует среднеквадратическую (rms) ошибку между подлинной функцией и приближением к ней. Среднеквадратическая (rms) величина функции определяется в А4.

А.1.1 Эффективная поверхность сравнения

Когда искривленные поверхности контролируются интерферометрическим образом, то контролируемая поверхность сравнивается с эталонным волновым фронтом. Возникающая картина интерференционных полос представляет собой разность между контролируемой поверхностью и проекцией эталонного волнового фронта в расположение контролируемой поверхности. Этот спроектированный волновой фронт называется эффективной поверхностью сравнения.

Видимая картина отклонений поверхности, измеряемая интерферометром (включая относительный наклон между контролируемой поверхностью и интерферометрической поверхностью сравнения), будет рекомендоваться в этом приложении в качестве функции ошибки волнового фронта, $W(r, \theta)$.

А.1.2 Система координат

Испытуемая оптическая поверхность описывается в полярной системе координат с помощью переменных r и θ ; началом системы координат является центр области контроля, а r нормализуется к одному из краев области контроля. Для некруглых областей контроля “центр” области контроля относится к ее центру, а радиус области контроля относится к расстоянию от центра к наиболее удаленной точке. Параметр r следовательно находится в интервале между нулем и единицей.

Различные приближения к поверхности представляются как линейные комбинации полиномов – обычно называемых полиномами Цернике – $Z_0(r, \theta)$, $Z_1(r, \theta)$, ..., приводимых в А.3. Эти комбинации устанавливаются с помощью соответствующих коэффициентов C_0, C_1, \dots

А.2 Порядок действия

Методика нахождения количества различных отклонений формы поверхности приводится в А.2.1...

А.2.7. Хотя этот метод описывается в терминах полиномов Цернике (см. А.3), может использоваться любая математически эквивалентная методика, основанная на другом наборе функций; тем не менее, отклонения должны определяться и вычисляться в последовательности, подробно определяемой здесь.

А.2.1 Суммарное отклонение поверхности

Для функции измеренной ошибки волнового фронта $W(r, \theta)$, плоскость лучшей подгонки $P(r, \theta) = C_0 Z_0 + C_1 Z_1 + C_2 Z_2$ находится методом наименьших квадратов. Функция суммарного отклонения поверхности (TSD) находится вычитанием плоскости лучшей

подгонки из измеряемой ошибки волнового фронта:

$$TSD(r, \theta) = W(r, \theta) - P(r, \theta)$$

А.2.2 Суммарное среднеквадратическое (rms) отклонение, $RMSt$

Если радиус эффективной поверхности сравнения равен радиусу желаемой теоретической поверхности, то тогда суммарное среднеквадратическое (rms) отклонение $RMSt$, (см. 3.11) равно среднеквадратической (rms) величине функции суммарного отклонения поверхности $TSD(r, \theta)$. Величина $RMSt$ прямо не может быть определена, если эффективная поверхность сравнения и теоретическая поверхность имеют разные радиусы.

А.2.3 Ближайшая сферическая поверхность и ошибка стрелки

Обычно эффективная поверхности сравнения очень близко подгоняется к контролируемой поверхности. В таком случае различие между этими двумя сферическими поверхностями может быть аппроксимировано приравниванием функции второго порядка радиальной переменной r к функции суммарного отклонения поверхности:

$$\text{ближайшая сфера} = C_3 Z_3.$$

Ошибка стрелки (см. 3.6) определяется выражением

$$\text{Ошибка стрелки} = 2C_3$$

Если радиус эффективного волнового фронта сравнения не соответствует радиусу номинальной теоретической сферической поверхности, то тогда разность стрелок между этими двумя сферами должна быть добавлена к определяемой интерферометрически ошибке стрелке, определяемой выше. (Если радиус эффективной поверхности сравнения неизвестен, то тогда ошибка стрелки поверхности не может быть определена).

Если диаметр области контроля не намного меньше, чем радиус кривизны, то различие между двумя сферами будет содержать члены высшего порядка. Для того, чтобы иметь различие между этими членами и членами, которые представляют нерегулярность, обладающую симметрией вращения, должна использоваться вместо Z функция, которая более точно представляет различие между двумя сферами.

А.2.4 Функция неровности

Функция неровности $IRR(r, Q)$ представляет разность между функцией суммарного отклонения поверхности $TSD(r, Q)$ и

ближайшей сферой. Она соответствует функции, остающейся после вычитания ближайшей сферы из волнового фронта:

$$IRR(r, \theta) = TSD(r, \theta) - C_3 Z_3$$

А.2.5 Нерегулярность и среднеквадратическая (rms) нерегулярность $RMSi$

Среднеквадратическая (rms) нерегулярность $RMSi$ (см. 3.12) равна среднеквадратической (rms) величине функции нерегулярности. Нерегулярность (см. 3.8) равна величине размаха (Δ) функции нерегулярности.

ПРИМЕЧАНИЕ 18 Другая форма обработки (например, свертывание или замена функции полиномом достаточной степени) обычно требуется для устранения отдельных дефектов поверхности (царапин и т.д.), рассеяния света частицами пыли, и “шумов”, обусловленных методикой измерения, которые не являются частью отклонения формы поверхности.

А.2.6 Ближайшая асферическая поверхность и нерегулярность, обладающая симметрией вращения

Ближайшая асферическая поверхность $AAS(r, \theta)$ получается подгонкой методом наименьших квадратов ряда, обладающих симметрией вращения полиномов Цернике к функции нерегулярности $IRR(R, Q)$:

$$AAS(r, \theta) = C_3 Z_3 + C_8 Z_8 + C_{15} Z_{15} + C_{24} Z_{24} + C_{35} Z_{35} + \dots$$

В большинстве случаев приближение является достаточно точным, используя четыре члена, перечисленные выше. Если необходимо, могут использоваться члены более высокого порядка. В случаях, когда представляются пространственно локализованные отклонения поверхности, представленные в виде полинома отклонений формы поверхности является неуместным.

Нерегулярность, обладающая симметрией вращения, (см. 3.10) равна величине размаха (PV) ближайшей асферической поверхности $AAS(r, \theta)$. Она может быть определена практически расчетом величины $AAS(r, \theta)$ в дискретных точках, располагаемых на достаточно мелкой решетке, и получения разности между наибольшими и наименьшими величинами.

А.2.7 Среднеквадратическая (rms) асимметрия

Ближайшая асферическая поверхность $AAS(r, \theta)$ вычитается из функции нерегулярности $IRR(r, \theta)$; среднеквадратическая (rms)

асимметрия (см. 3.13) является среднеквадратической (rms) величиной остающейся функции.

А.3 Полиномы Церник

Наборы полиномов, отождествляемых Цернике и Ний Боерек (см. ссылку [4]) в качестве ортогональных в смысле среднеквадратического (rms) интегрирования по круглой площади, обычно используются для анализа интерферограмм. Для круглых областей контроля анализ может быть упрощен благодаря свойствам ортогональности этих полиномов. Для некруглых зрачков эти полиномы не являются больше ортогональными и не предлагают больше каких-либо преимуществ перед другими наборами функций; тем не менее они однако могут быть использованы при условии, что используются методы анализа, применимые в А.2.

$$Z_0(r, \theta) = 1$$

$$Z_1(r, \theta) = r \cdot \cos\theta$$

$$Z_2(r, \theta) = r \cdot \sin\theta$$

$$Z_3(r, \theta) = 2r^2 - 1$$

$$Z_4(r, \theta) = r^2 \cdot \cos 2\theta$$

$$Z_5(r, \theta) = r^2 \cdot \sin\theta$$

$$Z_6(r, \theta) = (3r^2 - 2) r \cdot \cos\theta$$

$$Z_7(r, \theta) = (3r^2 - 2) r \cdot \sin\theta$$

$$Z_8(r, \theta) = 6r^4 - 6r^2 + 1$$

$$Z_9(r, \theta) = r^3 \cdot \cos 3\theta$$

$$Z_{10}(r, \theta) = r^3 \cdot \sin 3\theta$$

$$Z_{11}(r, \theta) = (4r^2 - 3)r^2 \cdot \cos\theta$$

$$Z_{12}(r, \theta) = (4r^2 - 3)r^2 \cdot \sin\theta$$

$$Z_{13}(r, \theta) = (10r^4 - 12r^2 + 3) r \cdot \cos\theta$$

$$Z_{14}(r, \theta) = (10r^4 - 12r^2 + 3) r \cdot \sin\theta$$

$$Z_{15}(r, \theta) = 20r^6 - 30r^4 + 12r^2 - 1$$

$$Z_{16}(r, \theta) = r^4 \cdot \cos 4\theta$$

$$Z_{17}(r, \theta) = r^4 \cdot \sin 4\theta$$

$$Z_{18}(r, \theta) = (5r^2 - 4) r^3 \cdot \cos 3\theta$$

$$Z_{19}(r, \theta) = (5r^2 - 4) r^3 \cdot \sin 3\theta$$

$$Z_{20}(r, \theta) = (15r^4 - 20r^2 + 6) r^2 \cdot \cos 2\theta$$

$$Z_{21}(r, \theta) = (15r^4 - 20r^2 + 6) r^2 \cdot \sin 2\theta$$

$$Z_{22}(r, \theta) = (35r^6 - 60r^4 + 30r^2 - 4) r \cdot \cos\theta$$

$$Z_{23}(r, \theta) = (35r^6 - 60r^4 + 30r^2 - 4) r \cdot \sin\theta$$

$$Z_{24}(r, \theta) = 70r^8 + 140r^6 + 90r^4 - 20r^2 + 1$$

$$Z_{25}(r, \theta) = r^5 \cdot \cos 5\theta$$

$$Z_{26}(r, \theta) = r^5 \cdot \sin 5\theta$$

$$Z_{27}(r, \theta) = (6r^2 - 5)r^4 \cdot \cos 4\theta$$

$$Z_{28}(r, \theta) = (6r^2 - 5)r^4 \cdot \sin 4\theta$$

$$Z_{29}(r, \theta) = (21r^4 - 30r^2 + 10) r^3 \cdot \cos 3\theta$$

$$Z_{30}(r, \theta) = (21r^4 - 30r^2 + 10) r^3 \cdot \sin 3\theta$$

$$Z_{31}(r, \theta) = (56r^6 - 105r^4 + 60r^2 - 10) r^2 \cdot \cos 2\theta$$

$$Z_{32}(r, \theta) = (56r^6 - 105r^4 + 60r^2 - 10) r^2 \cdot \sin 2\theta$$

$$Z_{33}(r, \theta) =$$

$$(126r^8 - 280r^6 + 210r^4 - 60r^2 + 5) r \cdot \cos\theta$$

$$Z_{34}(r, \theta) =$$

$$(126r^8 - 280r^6 + 210r^4 - 60r^2 + 5) r \cdot \sin\theta$$

$$Z_{35}(r, \theta) =$$

$$252r^{10} - 630r^8 + 560r^6 - 210r^4 + 30r^2 - 1$$

А.4 Среднеквадратическая (rms) величина функции.

Среднеквадратическая величина функции f двух переменных x и y на данной области A определяется интегральным выражением

$$\text{rms value} = \left[\frac{\int_A [f(x, y)]^2 dA}{\int_A dA} \right]^{1/2}$$

Этот интеграл может аппроксимироваться соответствующим суммированием, при условии, что используется достаточное число данных.

Приложение В (информационное)

Визуальный анализ интерферограммы(информационное)

Приложение В (информационное)

Визуальный анализ интерферограммы(информационное)

Это приложение предназначается в качестве вспомогательного средства для понимания этой части ISO10110. Оно полезно для интерпретации интерферограмм (включая наблюдение картины интерференционных полос, когда используются контрольные стекла), но примеры, приводимые ниже для оценки величин различных отклонения формы поверхности, не годятся для определения типов отклонений формы этой поверхности.

В.1 Общие положения

Основной целью этого приложения является наглядная демонстрация вида разных форм ошибок; для облегчения удобочитаемости описывается только случай номинальной сферической контролируемой поверхности.

Имеем дело исключительно со следующими типами отклонений формы поверхности: ошибкой стрелки, нерегулярностью и нерегулярностью, обладающей симметрией вращения. Среднеквадратические (rms) критерии отклонений поверхности (см. 3.11... 3.13) не могут быть определены при визуальном контроле.

Пункты В.2 и В.3 описывают метод анализа круглых областей контроля. Особые соображения для некруглых областей контроля приводятся в В.2.4.

Метод анализа картины интерференционных полос более полно излагается во многих учебниках, таких как в ссылке [5].

В.1.1 Интерферометрический наклон

Используются два метода для оценки величин ошибки стрелки и нерегулярности в зависимости от того, может ли быть отъюстирован или нет относительный наклон между поверхностью сравнения и контролируемой

поверхностью. Метод без наклона применяется главным образом тогда, когда используются контрольные стекла и когда отклонение формы поверхности является большим. Метод, использующий наклон, вообще является более точным.

В.1.2 Эффективная поверхность сравнения

Ошибка стрелки может быть определена, только если радиус кривизны эффективной поверхности сравнения известен. Когда используются контрольные стекла, то он равен радиусу самого контрольного стекла. Когда контролируются с помощью бесконтактного интерферометра криволинейные поверхности, то очевидная ошибка стрелки зависит от расстояния между контролируемой поверхностью и эталонной поверхностью сравнения. Эффективная поверхность сравнения является проекцией эталонной поверхности на контролируемую поверхность. Часто радиус эффективной поверхности сравнения неизвестен и ошибка стрелки не может быть определена; однако, нерегулярность все же может быть определена.

Определение ошибки стрелки упрощается, когда радиус кривизны эффективной поверхности сравнения равен радиусу кривизны номинальной теоретической поверхности. Ниже предполагается, что как раз это имеет место. Если это не имеет места, то тогда разность между стрелками номинальной теоретической поверхностью и эффективной поверхностью сравнения должна быть добавлена – учитывая знак – к ошибке стрелки, определяемой как описывается ниже. Для этой цели необходимо определить, является ли поверхность вогнутой или выпуклой относительно интерферометрической эталонной поверхности сравнения.

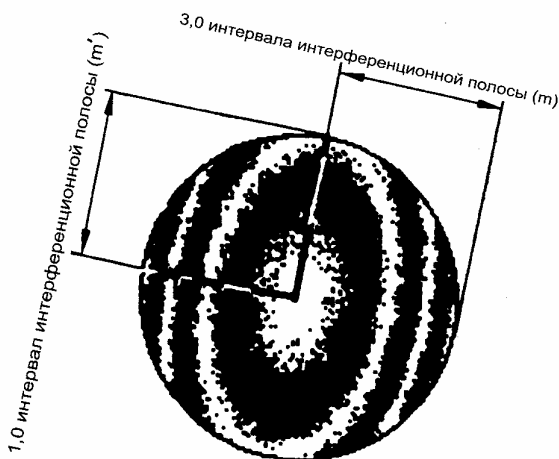
В.2. Оценка ошибки стрелки и нерегулярности

Обычно в отклонении формы поверхности является доминирующей ошибка стрелки и/или разновидность асимметрии в ошибке стрелки. В случае асимметрии поперечные сечения поверхности в разных направлениях показывают разные величины ошибки стрелки. Возможны другие разновидности нерегулярности поверхности; оценка их величины становится более трудной. Оценка величин ошибки стрелки и нерегулярности для обычно встречающихся случаев описывается в В.2.1 и В.2.2, а более общая методика для необычных типов нерегулярности описывается в В.2.3. Ссылка [5] содержит более полное обсуждение метода анализа интерферограмм.

В.2.1. Анализ интерферограмм без наклона.

При отсутствии всех других типов отклонений, ошибка стрелки вызывает картину интерференционных полос, имеющую концентрические, круглые полосы. Радиусы полос растут с корнем квадратным из номера полосы, считая от центра картины интерференционных полос.

Если имеют место небольшие величины асимметричных отклонений, то круги искажаются в эллипсы, как показано на фигуре В1. Если контролируемая поверхность является вогнутой относительно поверхности сравнения, то тогда полосы передвигаются в направлении к центру картины интерференционных полос, когда испытываемая поверхность сдвигается в направлении поверхности сравнения. Если верно обратное, то тогда контролируемая поверхность является выпуклой относительно поверхности сравнения.

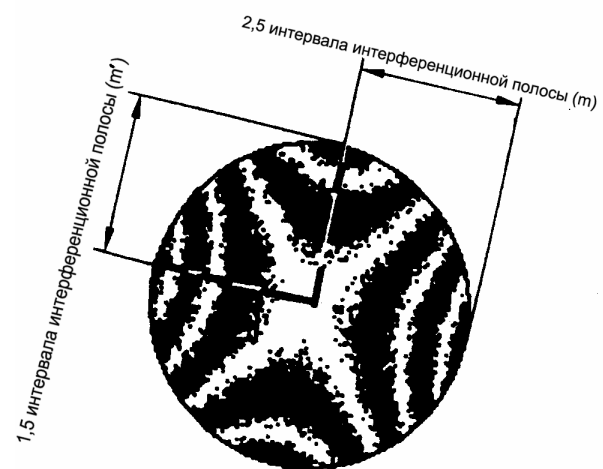


Фигура В.1 – Пример, показывающий 2 интервала интерференционной полосы ошибки стрелки и 2 интервала интерференционной полосы нерегулярности (см. В.2.1)

Если имеют место большие величины асимметричных отклонений, то эллиптические полосы могут превратиться в приблизительно гиперболические полосы, как показано на фигуре В.2. В этом случае, когда контролируемая поверхность сдвигается незначительно в направлении к интерферометрической поверхности сравнения, то некоторые из полос будут двигаться в направлении к центру картины интерференционных полос, а некоторые будут двигаться в направлении от центра.

Для оценки величины ошибки стрелки и нерегулярности на контролируемой поверхности вводятся обозначения m и m' числа интервалов интерференционных полос, видимых на картине интерференционных полос, подсчитываемых от центра к краю, в направлениях, которые дают самое большое и самое малое числа интерференционных полос, соответственно. (Обычно эти два направления ориентированы под углом 90° друг к другу, но это не обязательно имеет место). В случае эллиптических интерференционных полос, ошибка стрелки определяется усреднением чисел m и m' , то есть:

$$\text{Ошибка стрелки (эллиптические интерференционные полосы)} = \frac{m + m'}{2} \quad \dots (B1)$$



Фигура В.2 – Пример, показывающий 0,5 интервала интерференционной полосы ошибки стрелки и 4 интервала интерференционной полосы нерегулярности (см. В.2.1)

В этом случае нерегулярность равна абсолютной величине разности чисел интерференционных полос m и m' :

Нерегулярность (эллиптические интерференционные полосы) =

$$|m - m'| \quad \dots (B2)$$

На фигуре В.1 величины m и m' равны 3 и 1 интервалам интерференционных полос; следовательно, ошибка стрелки равна $(3+1)/2=2$ интервалам интерференционных полос, а нерегулярность равна $|3 - 1| = 2$ интервалам интерференционных полос.

В случае гиперболических интерференционных полос ошибка стрелки равна:

Ошибка стрелки (гиперболические интерференционные полосы) =

$$= \frac{|m - m'|}{2} \quad \dots (B3)$$

а нерегулярность определяется выражением:

Неровность (гиперболические интерференционные полосы) =

$$m + m' \quad \dots (B4)$$

На фигуре В.2 величины m и m' равны 2,5 и 1,5 интервалам интерференционных полос, соответственно, таким образом ошибка стрелки $|2,5 - 1,5|/2 = 0,5$ интервалов интерференционных полос, а нерегулярность равна $2,5 + 1,5 = 4$ интервалам интерференционных полос.

В.2.2 Анализ картины интерференционных полос с использованием наклона

Этот метод требует двукратного наблюдения интерференционных полос с использованием наклона между контролируемой поверхностью и поверхностью сравнения, юстируемым таким образом, что интерференционные полосы ориентируются в двух разных направлениях. Необходимо, чтобы юстировка наклона была выполнена без изменения расстояния между контролируемой поверхностью и поверхностью сравнения.

Когда контролируемая поверхность наклонена относительно поверхности сравнения появляются интерференционные полосы как на фигуре В.3. Если присутствует только ошибка стрелки, то тогда интерференционные полосы появляются как части концентрических колец. Радиусы интерференционных полос возрастают с номером интерференционной полосы, считая от мнимого цен-

тра картины интерференционных полос. Если присутствуют также другие типы отклонений поверхности, то интерференционные полосы не являются частями концентрических колец.

Для оценки ошибки стрелки и нерегулярности необходима оценка кривизны поверхности в поперечном сечении, параллельном интерференционным полосам. для двух направлений наклона, которые определяют максимальную и минимальную величины кривизны (смотри фигуру В.3а) и В.3в). В каждом случае кривизна m равна изгибу h интерференционной полосы, наиболее близкой к центру интерферограммы, деленному на интервал s интерференционных полос, который так же измеряется как можно ближе к центру области контроля.

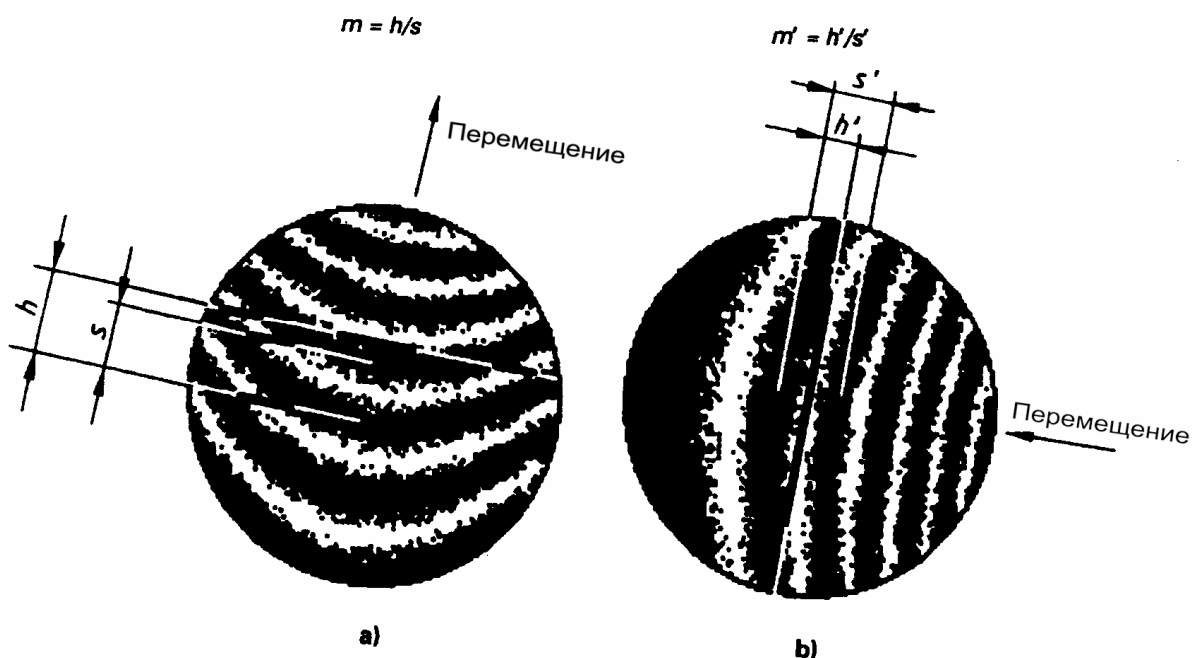
Кроме того, необходимо записать (для обоих направлений наклона) направление перемещения интерференционных полос, когда контролируемая поверхность перемещается незначительно в направлении эталонной поверхности сравнения.

Если интерференционные полосы для обоих направлений перемещаются в направлении мнимого центра кривизны интерференционных полос, или если интерференционные полосы для обоих направлений наклона перемещаются в направлении от мнимого центра, то тогда ошибка стрелки превосходит нерегулярность, и должны быть использованы выражения (В.1) и (В.2) для оценки ошибки стрелки и нерегулярности. соответственно. В том случае, если перемещение интерференционных полос происходит в направлении к мнимому центру интерференционных полос, когда контролируемая поверхность перемещается в направлении к поверхности сравнения, то тогда контролируемая поверхность является вогнутой относительно поверхности сравнения. В противном случае поверхность является выпуклой относительно поверхности сравнения.

Если один набор интерференционных полос перемещается в направлении своего мнимого центра, а другая картина интерференционных полос перемещается в направлении от своего мнимого центра, тогда неровность превосходит ошибку стрелки, и должны быть использованы выражения (В.3)

и (В.4) для оценки величин ошибки стрелки и нерегулярности. Если набор интерференционных полос с большой кривизной (m и m') перемещается навстречу к его мнимому центру, когда контролируемая поверхность перемещается в направлении поверхности сравнения, тогда поверхность является вогнутой относительно поверхности сравнения; в противном случае она является выпуклой относительно поверхности сравнения.

На фигуре В.3а) изгиб h равен приблизительно 1,3 интервалам интерференционной полосы s , таким образом $m=1,3$. На фигуре В.3в) изгиб h' равен половине интервала s



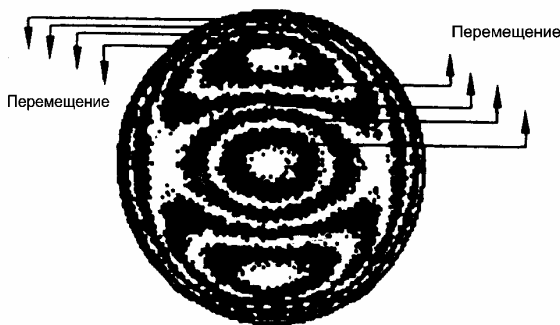
(Указывается направление перемещения интерференционных полос, когда испытываемая поверхность перемещается в направлении к поверхности сравнения)

Фигура В.3. – Пример, показывающий 0,4 интервала интерференционной полосы ошибки стрелки и 1,8 интервала интерференционной полосы нерегулярности, с поверхностью сравнения, ориентированной в двух направлениях (см. В.2.2).

интерференционной полосы s' , таким образом $m'=0,5$. Направления перемещения, показанные на фигуре, указывают на то, что должны быть применены выражения (В.3) и (В.4), из которых получаются величины, приведенные в подписи к фигуре.

В.2.3 Необычные формы нерегулярности

Возможно, что отклонение формы поверхности будет максимальным скорее в некоторой точке внутри области контроля, чем на краю. Когда контролируемые поверхности не имеют заклона между интерферометрической поверхностью сравнения и контролируемой поверхностью, это приводит к замкнутым интерференционным полосам, которые не могут быть концентричными с центром области контроля, как показано на фигуре В.4. В таких случаях как этот, необходимо указать, какие интерференционные полосы перемещаются в направлении от центра и какие в направлении к центру, когда поверхность перемещается в направлении к поверхности сравнения. Те, которые перемещаются в направлении к центру, могут считаться в качестве “положительных”, а другие – в качестве “отрицательных”.



Фигура В.4. – Пример необычной картины интерференционных полос, показывающий направление движения интерференционных полос, когда испытываемая поверхность двигается в направлении поверхности сравнения (см. В.2.3).

Ошибка стрелки определяется в соответствии с выражением (В.1), где m и m' представляют суммарные числа интерференционных полос, измеренные в двух характерных направлениях. В вертикальном поперечном сечении фигура В.4 имеют 4 интервала интерференционных полос в отрицательном направлении, следующие за 4 интервалами интерференционных полос в положительном направлении, давая величину ноль для m . В горизонтальном направлении имеются 2 отрицательных и 2 положительных интервала интерференционных полос, снова давая $m'=0$. Соответственно выражению (В.1) ошибка стрелки равна: $(0+0)/2=0$.

Нерегулярность определяется нахождением наибольшего и наименьшего отклонений от теоретически предполагаемой картины интерференционных полос, которая предполагает, что интерференционные полосы являются концентрическими окружностями с радиусами, возрастающими как корень квадратный номера интерференционной полосы. Нерегулярность является суммой абсолютных величин наибольшего и наименьшего отклонений от модели, измеряемых в интервалах интерференционных полос. Для структуры фигуры В4 ошибка стрелки равна нулю, следовательно, теоретически предполагаемая картина интерференционных полос не имеет интерференционных полос. Наименьшее отклонение от нее равно – 4 интервалам интерференционных полос в центрах двух наружных овальных структур, а наибольшее отклонение от нее равно нулю. Следовательно, нерегулярность равна $|0|+|-4|=4$ интервалам интерференционных полос.

В.2.4 Некруглые области контроля

Соответственно определению ошибки стрелки, приведенному в 3.6, ошибка стрелки базируется на сферическую поверхность, которая лучше всего аппроксимируется функцией отклонения поверхности. Когда используются визуальные методы анализа, ближайшая сфера выбирается таким образом, чтобы нерегулярность (которая представляет разность между ближайшей сферой и функцией отклонения поверхности) равномерно распределялась в пределах области контроля. Это требует, чтобы ошибка стрелки и нерегулярность оценивались методом, аналогичным методу, описываемому в В.2, за исключением того, что вычисления принимают в расчет размеры области контроля в двух перпендикулярных сечениях, в которых измеряются m и m' .

Этот метод является довольно точным для простых форм отклонений формы поверхности (тех, которые имеют вторые степени переменных x и y); для точной оценки более сложных форм необходимы цифровые методы.

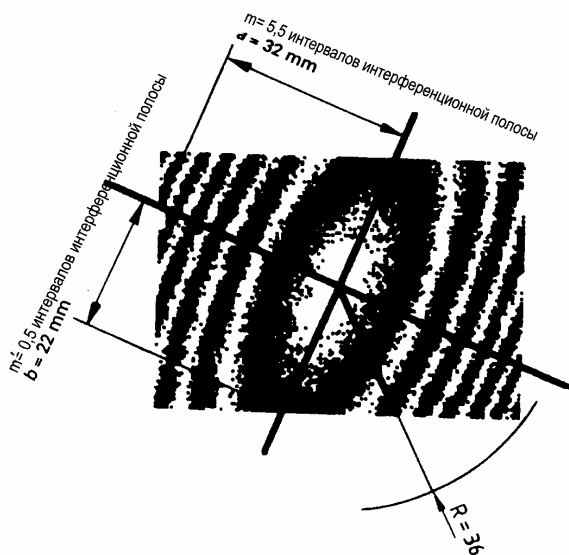
Для некруглых областей контроля “центр” области контроля относится к ее центру (“центру тяжести”) и ее “радиус” ра-

вен расстоянию от центра до наиболее удаленной точки в области контроля.

Кривизны в перпендикулярных сечениях m и m' определяются таким же самым образом, как в В.2, используя описание случая с или без наклона, какой подходит. Направления, вдоль которых определяются m и m' , устанавливаются симметрией ошибки формы поверхности; эти направления не обязательно связаны с формой области контроля.

Пусть m и m' будут кривизнами в поперечных сечениях в двух направлениях симметрии, как показано на фигуре В.5.

Пусть a будет расстоянием от центра к краю области контроля, измеряемым в направлении , вдоль которого измеряется кривизна m . Аналогично, пусть b будет расстоянием, вдоль которого измеряется кривизна m' . Пусть R будет радиусом области контро-



ля, как определено выше.

Фигура В.5. – Пример не круглой области контроля, показывающий 5,2 интервалов интерференционной полосы ошибки стрелки и 3,6 интервалов интерференционной полосы нерегулярности (см. В.2.4).

В случае эллиптических интерференционных полос ошибка стрелки и нерегулярность определяются следующим образом:

Ошибка стрелки (эллиптические интерференционные полосы)=

$$\frac{R^2(m + m')}{a^2 + b^2} \quad \dots (B.5)$$

Нерегулярность (эллиптические интерференционные полосы)=

$$\frac{R^2(m - m')}{a^2 + b^2} \quad \dots (B.6)$$

На фигуре В.5 величины m и m' равны 5,5 и 0,5 интервалов интерференционных полос, измеренных на расстоянии 32 мм и 22 мм соответственно. Радиус области контроля равен 36 мм. Ошибка стрелки, находимая из выражения (В.5), равна 5,2 интервала интерференционных полос, а нерегулярность, найденная из выражения (В.6), равна 3,6 интервала интерференционных полос.

В случае гиперболических интерференционных полос ошибка стрелки и нерегулярность находятся следующим образом:

Ошибка стрелки (гиперболические интерференционные полосы)=

$$\frac{R^2(m - m')}{a^2 + b^2} \quad \dots (B.7)$$

Нерегулярность (гиперболические интерференционные полосы)=

$$\left| \frac{2R^2(a^2 m' + b^2 m)}{a^2(a^2 + b^2)} \right| \quad \dots (B.8)$$

Если существует заклон между интерферометрической поверхностью сравнения и контролируемой поверхностью, то тогда необходимо отметить (для обоих направлений наклона) направления перемещения интерференционных полос, когда контролируемая поверхность перемещается незначительно в направлении к эталонной поверхности.

Если интерференционные полосы в обоих случаях двигаются по направлению к мнимому центру структуры интерференционных полос, или если интерференционные полосы в обоих случаях двигаются в направлении от мнимого центра структуры интерференционных полос, то тогда ошибка стрелки превосходит нерегулярность и для оценки ошибки стрелки и нерегулярности должны быть использованы выражения (В.5) и (В.6).

Если один набор интерференционных полос двигается в направлении к их мнимому центру, а вторая структура интерференционных полос двигается в направлении ее мнимого центра, то тогда нерегулярность превосходит ошибку стрелки и для оценки величин ошибки стрелки и нерегулярности должны быть использованы выражения (В.7) и (В.8).

В.3. Неровность, обладающая симметрией вращения

Оценка этого отклонения визуальными методами является затруднительной, если существуют большие величины других типов отклонений формы поверхности. По этой причине предпочтительны цифровые методы анализа интерферограмм.

Если не существует заклона между контролируемой поверхностью и поверхностью сравнения, то интерференционные полосы кажутся в виде концентрических колец, но их радиусы не возрастают с квадратным корнем номера интерференционной полосы, как происходило бы в случае с ошибкой стрелки. Визуальное наблюдение этого свойства является затруднительным и получается неточным при небольших отклонениях. Следовательно, производить оценку этого типа отклонения формы поверхности практически только при наличии заклона.

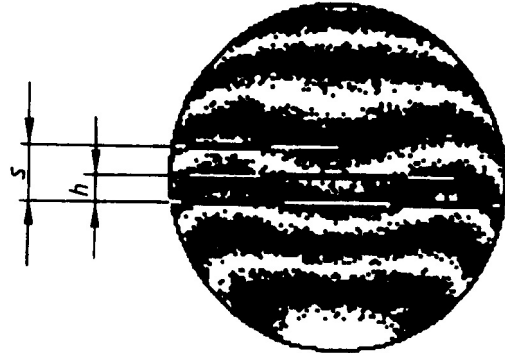
При наличии заклона интерференционные полосы имеют W - или M-образную форму, зависящую от направления заклона. При контроле поверхности расстояние между контролируемой поверхностью и эффективной поверхностью сравнения должно быть отъюстировано таким образом, чтобы кажущаяся ошибка стрелки равнялась нулю. Это происходит приблизительно в случае, когда два края и центр интерференционных полос могут быть соединены прямой линией, как на фигуре В6. В этом случае отклонения поверхности от сферы указываются на структуре интерференционных полос с помощью отклонений интерференционных полос от прямой линии.

Нерегулярность, обладающая симметрией вращения, равна отклонению h интерференционной полосы от прямолинейности, деленной на интервал интерференционных полос s :

Неровность, обладающая симметрией вращения =

$$\frac{h}{s} \quad \dots \text{ (B9)}$$

На фигуре В6 отклонение h центральной интерференционной полосы от прямолинейности равно половине интервала интерференционной полосы, таким образом нерегулярность, обладающая симметрией вращения, равна 0,5 интервала интерференционной полосы.



Фигура В.6 – Пример, показывающий 0,5 интервалов интерференционной полосы нерегулярности, обладающей симметрией вращения.

Если невозможно отъюстировать на минимум ошибки стрелки – например, когда используются контрольные стекла – то тогда центральная интерференционная полоса должна сравниваться не с прямой линией, но с другой окружности, соединяющей два конца и центр центральной интерференционной полосы.

Положение, при котором отклонение формы поверхности обладает симметрией вращения, наблюдается с помощью повторения вышеуказанного контроля с наклоном, юстируемым таким образом, что интерференционные полосы ориентируются в другом направлении. Отклонение формы поверхности обладает симметрией вращения, если вид интерференционных полос является одинаковым для всех ориентаций интерференционных полос. Нерегулярность, обладающая симметрией вращения, является той частью отклонения, которая остается одинаковой для всех ориентаций интерференционных полос.

Приложение С (информационное)

Физический смысл среднеквадратического (rms) отклонения формы поверхности

Это приложение предназначено в качестве вспомогательного средства для понимания среднеквадратического (rms) отклонения формы поверхности, определяемого в этой части ISO 10110.

Критерием размаха (PV) отклонения формы поверхности, принятых в этой части ISO 10110, адекватны описанию отклонений формы поверхности большинства оптических поверхностей. Тем не менее, поскольку они представляют только максимальное отклонение поверхности, PV величины никоим образом не отражают часть поверхности, которая близка к (или далека от) теоретически желаемой поверхности. Это может иметь значение в случаях, в которых отклонение формы поверхности пространственно локализована.

Среднеквадратические rms параметры отклонения формы поверхности, определяемые в этой части ISO 10110, вызываются не только максимальным отклонением поверхности, но так же величиной поверхности, которая отстает от идеала. По этой причине они могут быть полезны при описании качества поверхности, особенно, когда степень пространственной локализации отклонения формы поверхности не известно а priori (заранее).

Среднеквадратическое rms отклонение волнового фронта, пропускаемого или отражаемого любой данной поверхностью, может быть связано несложным образом со среднеквадратическим rms отклонением формы поверхности, этой поверхности. (Это требует учета изменения показателя преломления на поверхности, и вдобавок диаметра пучка, как только он проходит через поверхность). Оптическое качество оптической системы тесно связано со среднеквадратическим rms отклонением волнового фронта пучка, проходящего через систему. Эта зависимость и каким образом среднеквадратичные rms отклонения волнового фронта накапливаются по мере про-

хождения волнового фронта через систему, обсуждаются ниже.

Одним из полезных параметров оптического качества системы является резкость по “Штрелю” или “коэффициент Штреля”, который определяется как отношение интенсивности в центре изображения точки к интенсивности, которая могла быть достигнута при идеальной оптической системе. По теореме центральной ординаты ¹, резкость по Штрелю так же равна на деле суммарному объему под двухмерной MTF функцией оптической системы. Ссылка [6] показывает, что для систем, имеющих небольшие величины волновых aberrаций, резкость по Штрелю определяется приблизительно в виде:

$$s \approx (1 - 2\pi^2 \delta^2)^2$$

где s является среднеквадратической rms погрешностью (в длинах волн) волнового фронта от идеального.²⁾

Практически величине коэффициента Штреля в 80% соответствует среднеквадратическое rms отклонение волнового фронта в 0,07 длин волн. Для случая ошибки стрелки поверхности это соответствует хорошо известному критерию, что PV отклонение не превосходит одной четвертой длины волны: тем не менее должны отметить, что по причинам, приводимым выше, среднеквадратический rms критерий имеет силу для более сложных форм ошибок, чем четвертьволновой критерий.

Каким образом отклонение волнового фронта оптической системы связано с отклонением волнового фронта, вызываемыми отдельными поверхностями, зависит от того, до какой степени вклады коррелируются. По этой причине в общем немного можно сказать о том, каким образом вклады поверхностей образуют суммарную ошибку системы; тем не менее оно полезно для исследования двух экстремальных случаев, приводимых ниже.

Если отклонение формы поверхности, описывающее данный тип (например нерегулярность), имеют одинаковую форму и ориентацию для всех поверхностей в системе, то

тогда величина PV этого типа ошибки равна алгебраической сумме (т.е. с учетом знаков) PV величин отдельных вкладов этого типа. Это имеет место всегда для ошибки стрелки, хотя знаки вкладов поверхностей обычно заранее не известны. (По этой причине необходимы некоторые допущения, когда рассчитывается допуск, даже когда форма ишибки известна). Ошибки формы поверхности, описывающие ошибку типа “нерегулярность”, могут иметь разные ориентации или даже разные формы для разных поверхностей в системе.

Если отдельные поверхности оптической системы вызывают отклонения волнового фронта, которые математически ортогональны друг другу, то тогда среднеквадратическое rms отклонение волнового фронта системы определяется квадратным корнем из суммы квадратов отдельных среднеквадратических (rms) величин. В большинстве случаев

нельзя надеяться на то, что вклады поверхностей являются взаимно ортогональными; тем не менее, это может быть полезным приближением, если вклады поверхностей не предполагается каким-то образом коррелировать (например, когда принимаются во внимание остаточные aberrации после устранения ошибки стрелки RMSi).

Практические случаи в общем встречаются между двумя экстремальными случаями, описываемыми выше.

-
- 1) Теорема центральной ординаты констатирует, что величина функции в ее начале равна объему под ее двумерным преобразованием Фурье.
 - 2) Более точно, τ представляет изменение волнового фронта, на его среднеквадратическое rms отклонение; тем не менее, оно незначительно отличается от двух, поскольку среднеквадратические методы, определяемые в этой части ISO10110, эффективно удаляют любую постоянную величину волнового фронта до вычисления среднеквадратических rms величин.

Приложение D (информационное)

Список используемой литературы

- [1] ISO 7944:1984, *Optics and optical instruments — Reference wavelengths.*
- [2] ISO 10110-11:1996, *Optics and optical instruments — Preparation of drawings for optical elements and systems — Part 11: Non-toleranced data.*
- [3] ISO 10110-12:—³⁾, *Optics and optical instruments — Preparation of drawings for optical elements and systems — Part 12: Aspheric surfaces.*
- [4] BORN, M. and WOLF, E., *Principles of Optics*, Pergamon press, Elmsford, New York.
- [5] MALACARA, D. ed., *Optical shop testing*, Wiley, New York, 1978.
- [6] MARECHAL, A. (1947), *Rev. d'Optique.*

3) Публикуется

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
СТАНДАРТ

ISO
10110 – 6

Первое издание

1996-03-15

Техническая коррекция 1

1999-04-01

**Оптика и оптические приборы –
Правила оформления чертежей оптических
элементов и систем –**

**Часть 6:
Допуски на центрировку**

*Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical
elements and systems-*

Part 6: Centering tolerances

*Optique et instruments d'optique – Indications sur les dessins pour
elements et systemes optiques-*

Partie 6: Tolerances de centrage



Ссылочный номер
ISO 10110-6: 1996 (E)

Предисловие

ISO (Международная организация по стандартизации) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (членов организации ISO). Работа по разработке Международных стандартов обычно выполняется техническими комитетами ISO. Каждый член организации, интересующийся темой, разработка которой поручена техническому комитету, имеет право сотрудничать в этом комитете. Международные организации, государственные и негосударственные, связанные с ISO, так же принимают участие в работе. ISO при всех разработках электротехнических стандартов, тесно сотрудничает с Международной Электротехнической Комиссией [International Electrotechnical Commission] (IEC).

Проекты Международных Стандартов, принимаемые техническими комитетами, предъявляются членам организации на согласование. Публикация в качестве Международного стандарта требует согласия по крайней мере 75% членов организации, обладающих правом голоса.

Международный стандарт 10110 – 6 был разработан Техническим Комитетом ISO/TC172, *Optics and optical instruments* (Оптика и оптические приборы), Подкомитетом SC1, *Fundamental standards* [Основные стандарты].

ISO 10110 состоит из следующих частей, под общим названием *Optics and optical instruments - Preparation of drawings for optical elements and systems* (Оптика и оптические приборы - Правила оформления чертежей оптических элементов и систем):

- *Part 1: General* [Часть 1: Общие положения]
- *Part 2: Material imperfections – Stress birefringence* [Часть 2: Дефекты материала – Двулучепреломление, вызываемое напряжением]
- *Part 3: Material imperfections – Bubbles and inclusions* [Часть 3: Дефекты материала – Пузыри и включения]
- *Part 4: Material imperfections – Inhomogeneity and striae* [Часть 4: Дефекты материала – Неоднородности и свили]
- *Part 5: Surface form tolerances* [Часть 5: Допуски на форму поверхности]
- *Part 6: Centering tolerances* [Часть 6: Допуски на центрировку]
- *Part 7: Surface imperfection tolerances* [Часть 7: Допуски на дефекты поверхности]
- *Part 8: Surface texture* [Часть 8: Текстура поверхности]
- *Part 9: Surface treatment and coating* [Часть 9: Поверхностная обработка и покрытия]

– *Part 10: Table representing data of a lens element [Часть 10: Табличная форма представления данных линзового элемента]*

– *Part 11: Non-toleranced data [Часть 11: Данные без допусков]*

– *Part 12: Aspheric surfaces [Часть 12: Асферические поверхности]*

– *Part 13: Laser irradiation damage threshold [Часть 13: Порог разрушения лазерным облучением]*

Приложение А этой части ISO 10110 является только информационным.

Оптика и оптические приборы — Правила оформления чертежей оптических элементов и систем —

Часть 6:

Допуски на центрировку

1 Область использования

ISO 10110 оговаривает правила представления конструктивных и функциональных требований к оптическим элементам и системам на технических чертежах, используемых при производстве и контроле.

Эта часть ISO 10110 оговаривает правила обозначения допусков на центрировку оптических элементов, узлов и сборок. Они применяются только к оптическим системам, обладающим симметрией вращения.

2 Ссылки на нормативные документы

Приводимые ниже стандарты содержат положения, которые, из-за ссылок на них в этом тексте, составляют положения этой части ISO 10110. На период публикации указываемые издания были действующими. Все стандарты подвергаются пересмотру и части, требующие согласования, заложенные в основу в этой части ISO 10110, подтверждаются исследованием возможности применения наиболее современных изданий стандартов, приводимых ниже. Члены ИЕС и ISO ведут журналы учета находящихся в обращении в настоящее время Международных стандартов.

ISO 1101:1983, *Technical drawings — Geometrical tolerancing — Tolerancing of form, orientation, location and run-out — Generalities, definitions, symbols, indications on drawings*. [Технические чертежи — Допуски на геометрические размеры — Допуски на форму, ориентацию, расположение и биение — Общие положения, определения, символы, обозначения на чертежах].

ISO 10110-5:1996, *Optics and optical instruments — Preparation of drawings for optical elements and systems — Part 5: Surface form tolerances*. [Оптика и оптические прибо-

ры — Правила оформления чертежей оптических элементов и систем — Часть 5: Допуски на форму поверхности].

ISO 10110-7:1996, *Optics and optical instruments — Preparation of drawings for optical elements and systems — Part 7: Surface imperfection tolerances*. [Оптика и оптические приборы — Правила оформления чертежей оптических элементов и систем — Часть 7: Допуски на дефекты поверхности].

3 Определения

Для целей этой части ISO 10110 применяются следующие определения.

3.1 оптическая система: Оптический элемент, узел или сборка.

3.2 оптическая ось (оптической системы): Теоретическая ось, вокруг которой оптическая система обладает номинально симметрией вращения.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Исключения: отклоняющие элементы и системы, такие как плоские зеркала, призмы и прочие.

3.3 базовая ось: Ось, выбираемая с учетом специфических особенностей оптической системы.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Она служит в качестве эталона для размещения поверхностей, элементов и сборок. В этой части ISO 10110 определения базовых осей делаются в соответствии с общими принципами, приводимыми в ISO 5459.

3.4 базовая точка: Характерная точка на базовой оси.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. Она служит в качестве дополнительного эталона к размещению оптической системы. Обозначение базовой точки описывается в 5.2.

3.5 угол наклона сферической поверхности: Угол между базовой осью и нормалью к поверхности в точке пересечения ее с базовой осью (см. Рисунок 1).

3.6 угол наклона асферической поверхности: Угол между осью вращения и базовой осью детали, узла или системы, к которой относится асферическая поверхность.

3.7 поперечное смещение асферической поверхности: Расстояние от точки симметрии вращения асферической поверхности до базовой оси.

3.8 угол наклона оптического элемента

или узла: Угол между базовой осью элемента или узла и базовой осью системы, частью которой является элемент или узел (см. Рисунок 2).

3.9. поперечное смещение оптического элемента или узла: Расстояние между базовой осью элемента или узла и базовой осью системы, частью которой является элемент или узел, измеряемое от базовой точки узла (см. Рисунок 2).

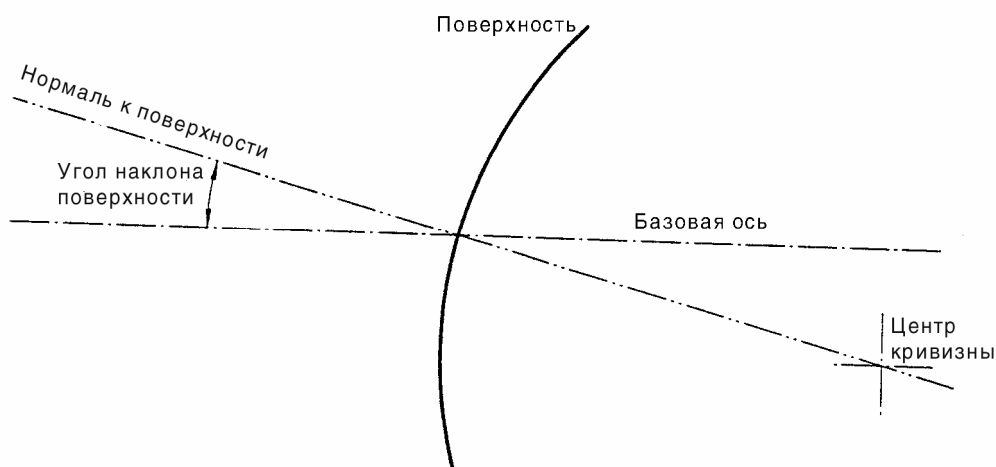
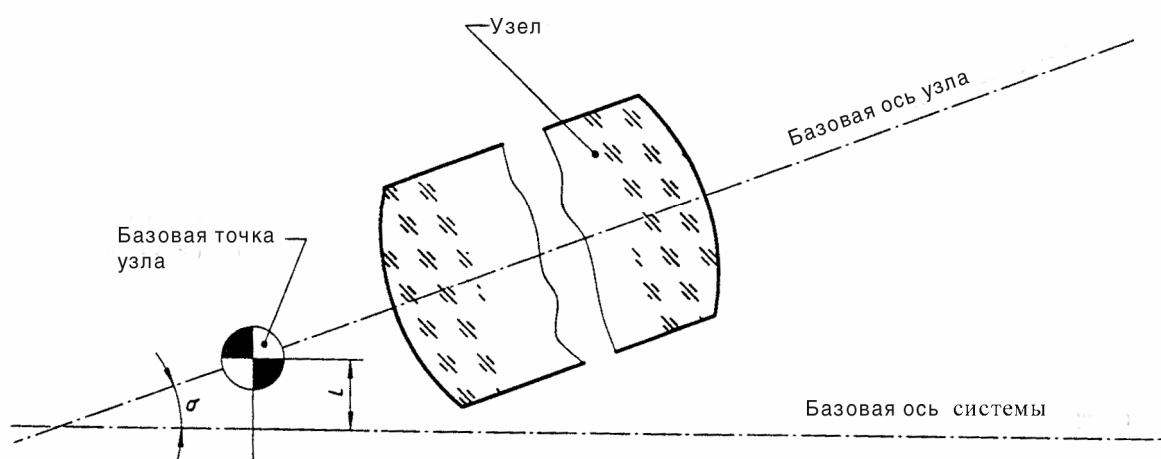


Рисунок 1 — Угол наклона отдельной сферической поверхности



σ — угол наклона
L — поперечное смещение

Рисунок 2 — Угол наклона и поперечное смещение оптического узла

4 Характеристика допусков на центрировку

Для отдельных сферических поверхностей ошибка центрировки состоит из угла наклона поверхности, как определяется в 3.5. Во всех других случаях (асферические поверхности, элементы и узлы) ошибка центрировки состоит из угла наклона между двумя базовыми осями и поперечного смещения, как определяется в 3.6...3.9.

4.1 Отдельные сферические поверхности

Для отдельных сферических поверхностей должен быть указан максимально допустимый угол наклона (σ) относительно базовой оси (см. 3.5).

4.2 Отдельные асферические поверхности

Для отдельных асферических поверхностей должны быть указаны максимально допустимые величины угла наклона (σ), как определено в 3.6, и поперечного смещения (L), как определено в 3.7.

Если асферическое действие поверхности является небольшим по сравнению со сферической силой, то допуск на центрировку может быть оговорен в соответствии с 4.1, т.е. как если бы она была сферической поверхностью.

Альтернативно, допуски на центрировку асферических поверхностей могут быть оговорены в соответствии с ISO 1101 (см. ISO 10 110-12).

4.3 Оптические элементы и узлы

Для оптических элементов и узлов должны быть указаны максимально допустимые величины угла наклона (σ), как определено в 3.8, и поперечное смещение (L), как определено в 3.9.

4.4 Клинья в склеенных оптических сборках

Для склеенных оптическихборок можно точно определить допуск на клиновидный угол слоя клея.

4.5 Поверхность без оптических функций

Допуски на центрировку поверхностей оптических элементов, которые не имеют оптических функций (такие как цилиндрический край) должны быть охарактеризованы в соответствии с правилами, оговоренными в ISO 1101 (см. фигуры 14 и 15).

4.6 Полевые диафрагмы, сетки и прочее

Допуски на центрировку полевых диафрагм, сеток и прочее должны быть охарактеризованы, используя методы, оговоренные в ISO 1101 (см. Рисунок 16).

5 Обозначение на чертеже

5.1 Базовая ось

Базовая ось указывается путем применения базовых треугольников к одной или двум деталям в соответствии с ISO 1101; они обозначаются заглавными римскими буквами [см., например, фигуры 3а) и 4].

На чертежах, на которых указываются допуски на центрировку отдельных поверхностей, существуют два случая, при которых базовую ось нет необходимости указывать:

- базовая ось определяется внешним цилиндром элемента [см. Рисунок 3b)];
- базовая ось определяется центром кривизны поверхности и расположена в середине точкой этой поверхности [см. Рисунок 5b)].

5.2 Базовая точка

Базовая точка должна быть указана следующим символом:



Базовую точку нет необходимости указывать, если она совпадает с точкой пересечения базовой оси и первой (считая в направлении света) оптической поверхности оптической системы, к которой она относится.

Для одиночных, обладающих симметрией вращения, асферических поверхностей базовая точка совпадает с точкой симметрии поверхности; указывать ее нет необходимости.

5.3 Допуск на центрировку

5.3.1 Обозначение допусков на центрировку состоит из кодового номера, одной или двух величин допуска и, если необходимо (см. Рисунок 17), ссылки на элементы базовой оси.

Для обозначения угловых допусков клина клея треугольный дельта символ (Δ) должен предшествовать величине допуска.

5.3.2 Кодовым номером допусков на центрировку является число 4.

5.3.3 Структура обозначения: обозначение должно иметь одну из следующих форм:

$$4/\sigma$$

или

$$4/\sigma(L)$$

или

$$4/\Delta\tau,$$

где σ представляет максимально допустимый угол наклона, L - максимально допустимое поперечное смещение, и τ (следующее за треугольным символом Δ) - максимально допустимый угол клина клея.

5.3.4 Допуски на центрировку относятся к базовой оси оптического элемента или узла. Если на чертеже указывается более чем одна базовая ось, то справочные буквы соответствующей базовой оси должны быть добавлены к величинам допусков (см. Рисунок 17).

5.3.5 Величины допусков должны быть указаны в минутах [$'$] или секундах [$''$] дуги для угловых размеров и в миллиметрах для линейных размеров.

5.4 Расположение

Обозначение должно быть показано в соединении с линией-выноской к поверхности или оптической системе, к которой оно относится (см. фигуры 3...7).

Для поверхностей предпочтительным методом является объединение обозначения с обозначениями допусков на форму поверхности и допусками на дефекты поверхности (см. ISO 10110-5 и ISO 10110-7). Примеры таких обозначений приводятся в ISO 10110-1:1996, приложение А. Альтернативно, обозначение может быть дано в

таблице в соответствии с ISO 10110-10. На чертежах оптических схем допуски на центрировку могут быть указаны в таблице; если базовая ось не указывается, то все допуски на центрировку относятся к теоретической оптической оси. Пример обозначения допуска на угол наклона и поперечное смещение узлов на чертеже схемы приводится в ISO 10110-1:1996, Рисунок 30.

6 Примеры

Примеры одиночных элементов показаны на Рисунках 3...7, 14 и 15; для узлов и сборок на Рисунках 8...13 и на Рисунках 16 и 17.

На фигуре 3а) базовой осью является ось наружного цилиндра (Эта ось рекомендуется только тогда, когда толщина по краю элемента является достаточной). Если базовая ось не обозначена и допуски на угол наклона обоих оптически действующих поверхностей являются точно определенными [см. Рисунок 3b)], то тогда базовая ось является осью наружного цилиндра.

Базовая ось, показанная на фигуре 4, является линией, соединяющей центр кривизны левой поверхности и центральную точку поперечного сечения В.

На фигуре 5а) базовая ось является линией, соединяющей центр кривизны и центральную точку левой поверхности. Если базовая ось не обозначена, а точно определен только один допуск на угол наклона [как на фигуре 5b)], то базовая ось определяется как на фигуре 5а).

На фигуре 6 базовая ось перпендикулярна к плоскости В и проходит через центральную точку левой поверхности.

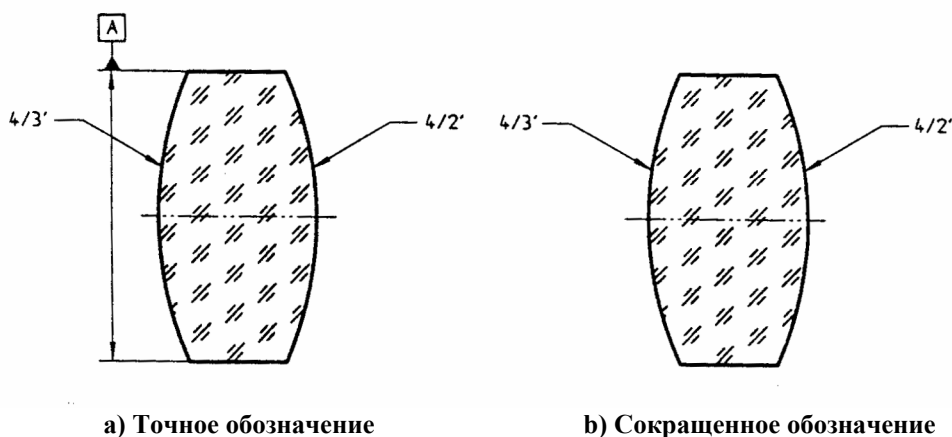


Рисунок 3 — Базовая ось, определяемая боковым цилиндром

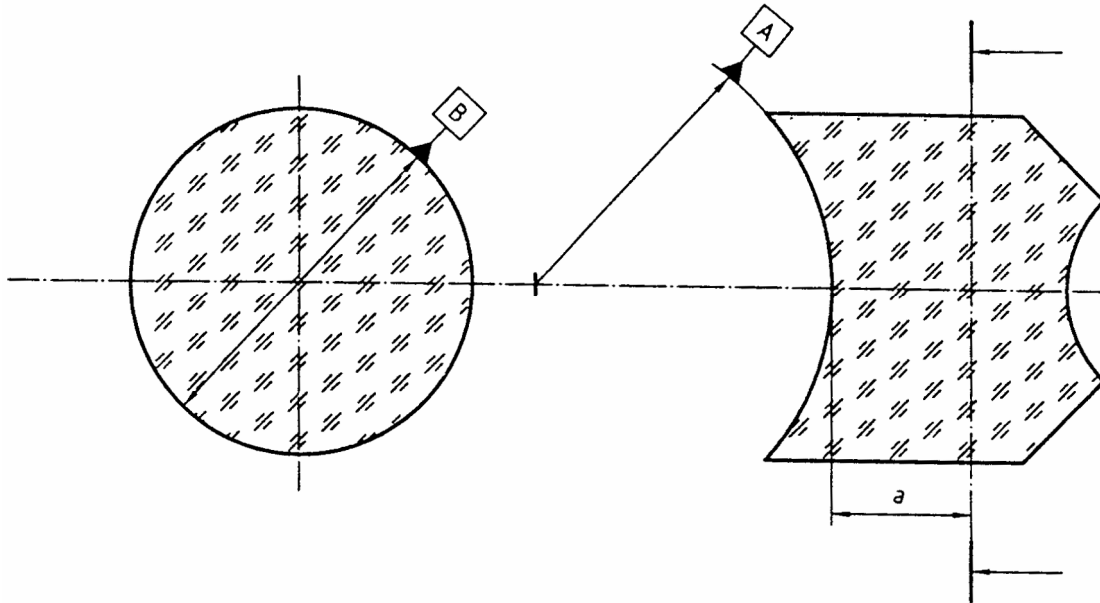
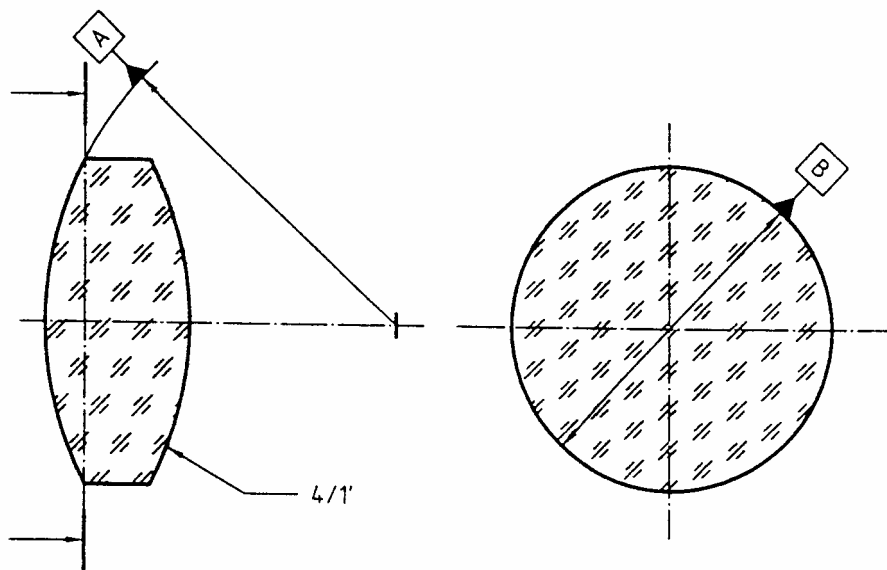
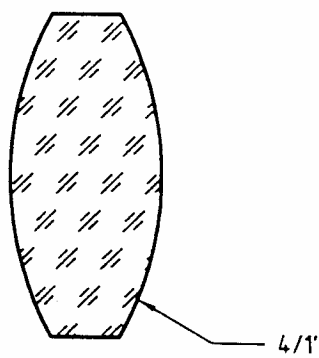


Рисунок 4 – Базовая ось, определяемая центром кривизны поверхности и центром обозначенного поперечного сечения



а) Точное обозначение



б) Сокращенное обозначение

Рисунок 5 – Базовая ось, определяемая центром кривизны и центральной точкой той же самой поверхности

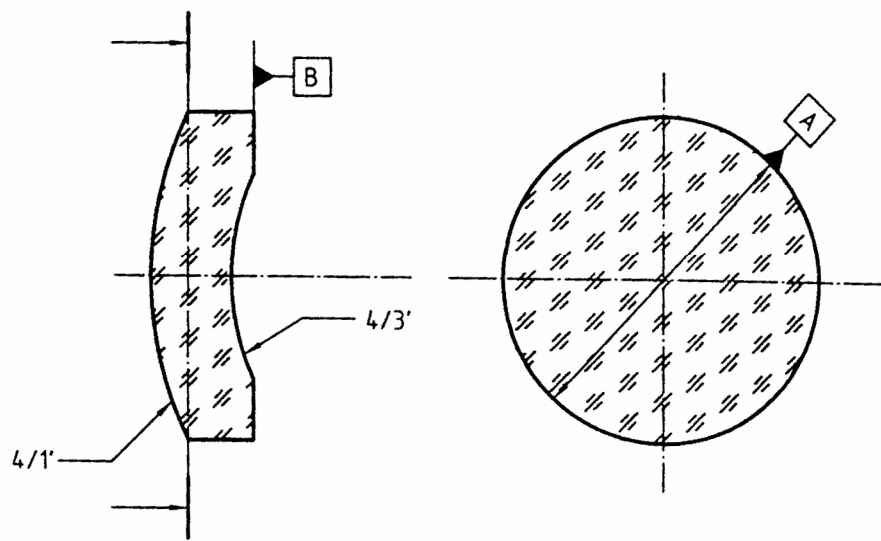


Рисунок 6 – Базовая ось, определяемая плоскостью и центральной точкой оптически действующей поверхности

Рисунок 7 показывает в качестве примера, обозначение допуска на центровку асферической поверхности, в соответствии с 4.2.

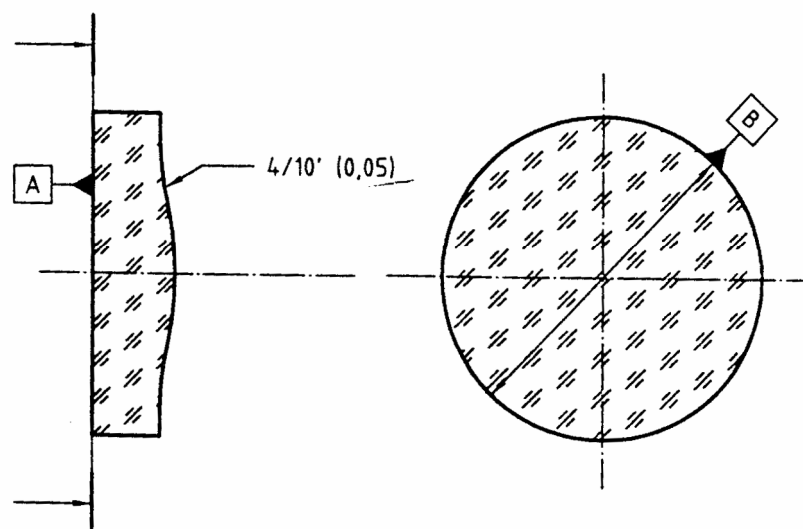


Рисунок 7 – Допуск на центровку асферической поверхности

Базовые оси на Рисунках 8 и 11 определяются сходно с базовой осью на фигуре 3а).

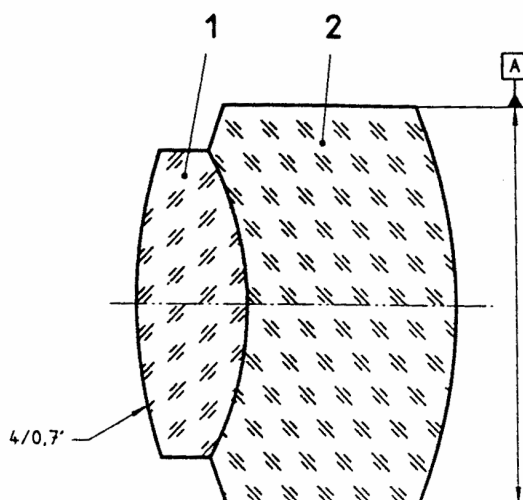


Рисунок 8— Базовая ось, определяемая наружным цилиндром

Определения базовых осей на Рисунках 9 и 12 являются такими же самыми, как и определения на фигуре 5а).

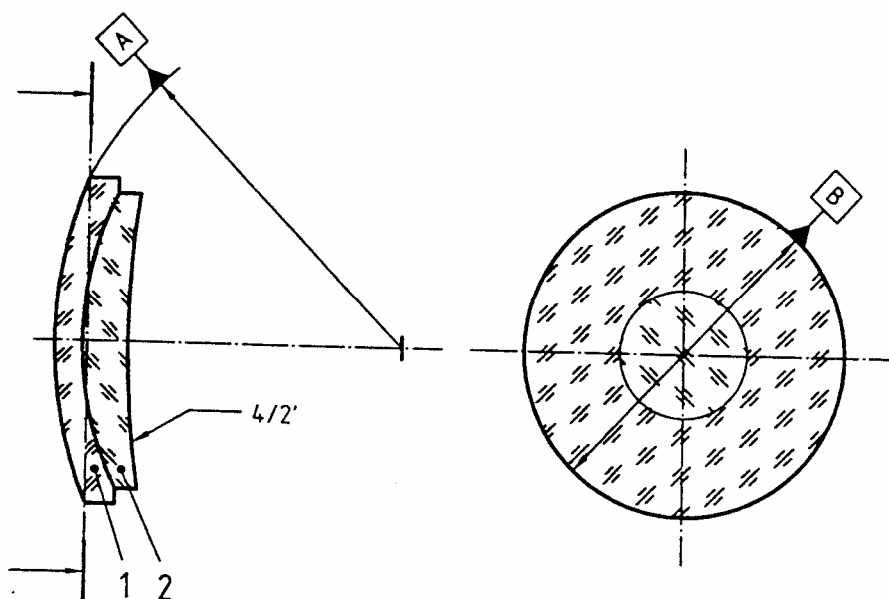


Рисунок 9— Базовая ось, определяемая центром кривизны и центральной точкой той же самой поверхности

На фигуре 10 базовая ось является линией, соединяющей центры кривизны поверхностей линзы 1 (т.е. оптическая ось линзы 1).

Рисунок 13 показывает базовую ось, определяемую механическими поверхностями, и определяется аналогично фигуре 6.

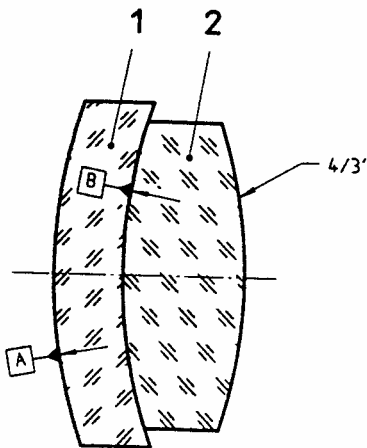


Рисунок 10 – Базовая ось, определяемая центрами кривизны двух поверхностей

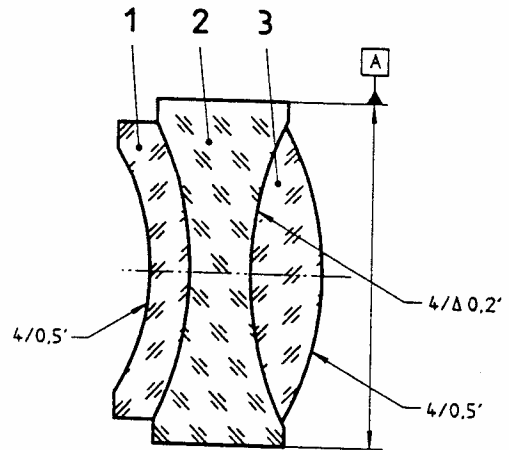
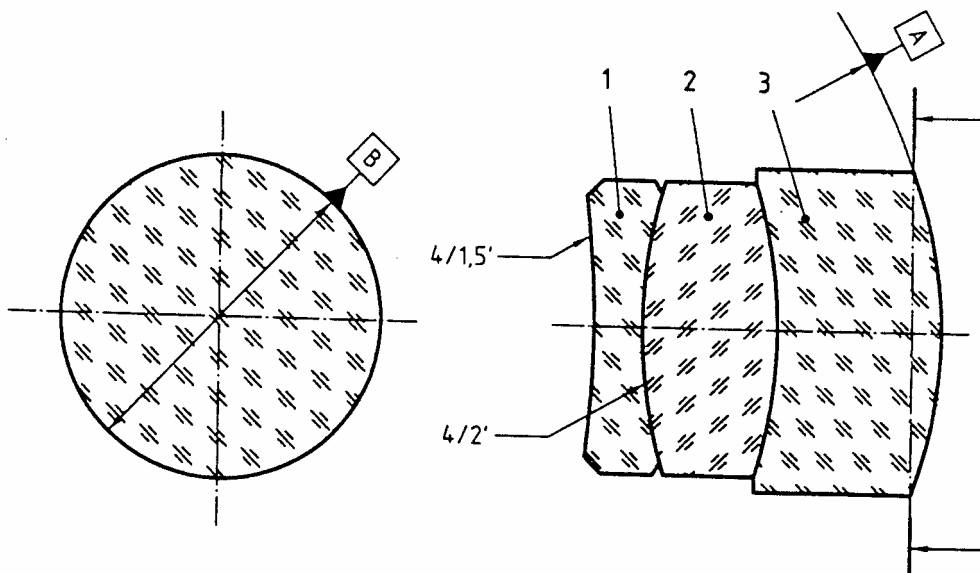


Рисунок 11 – Сборочный узел, включающий обозначение допуска на клеевой клин; базовая ось, определяется внешним цилиндром

Рисунок 12 – Базовая ось, определяемая центром кривизны и центральной точкой той же самой поверхности



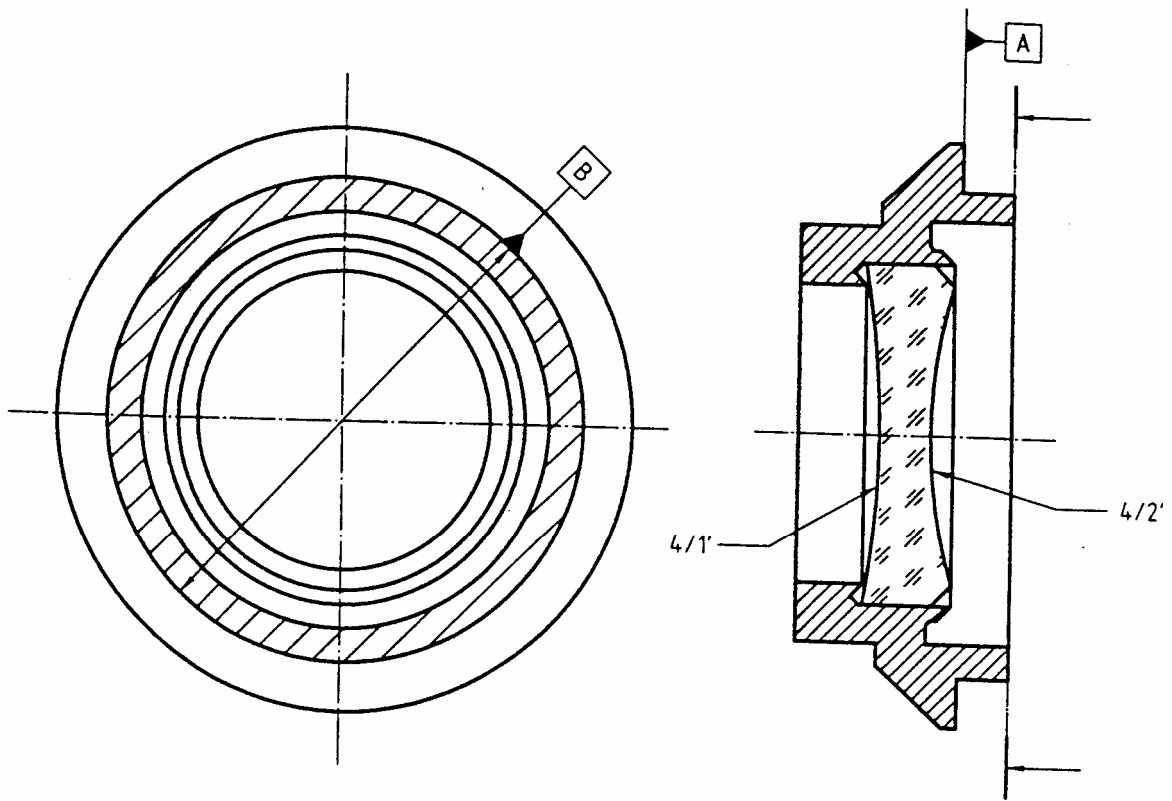


Рисунок 13 – Базовая ось, определяемая механическими элементами

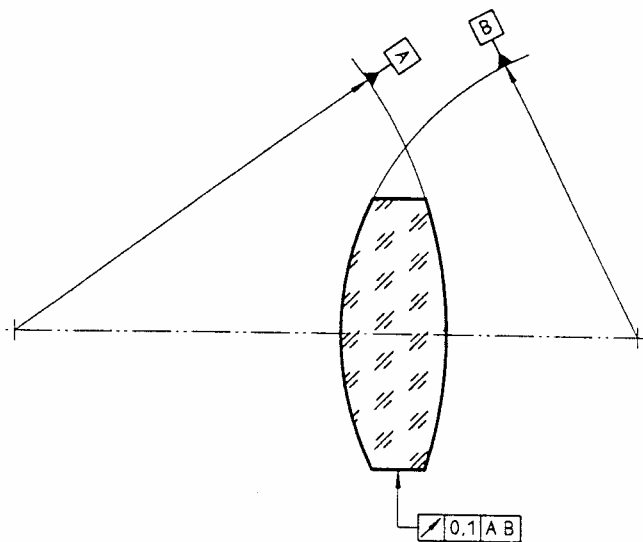


Рисунок 14 – Обозначения допуска на центровку поверхности без оптической функции

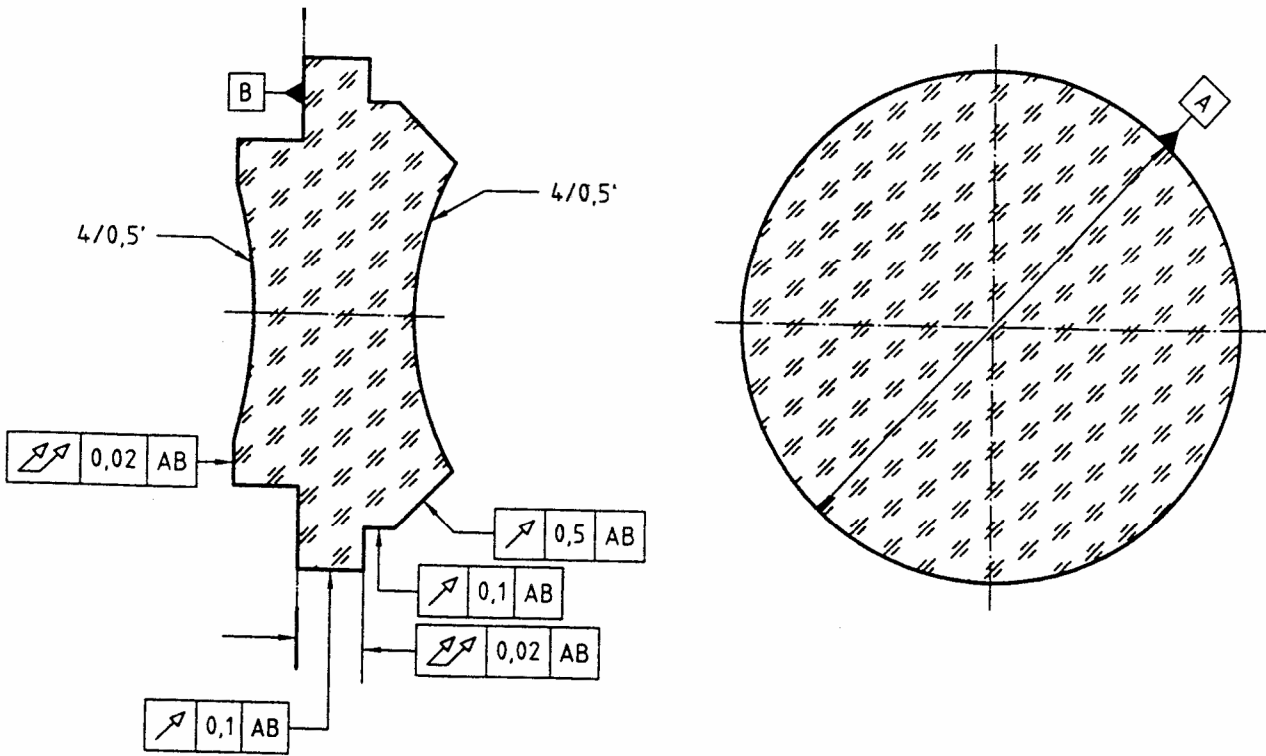


Рисунок 15 – Обозначение допуска на центровку поверхностей с и без оптической функции

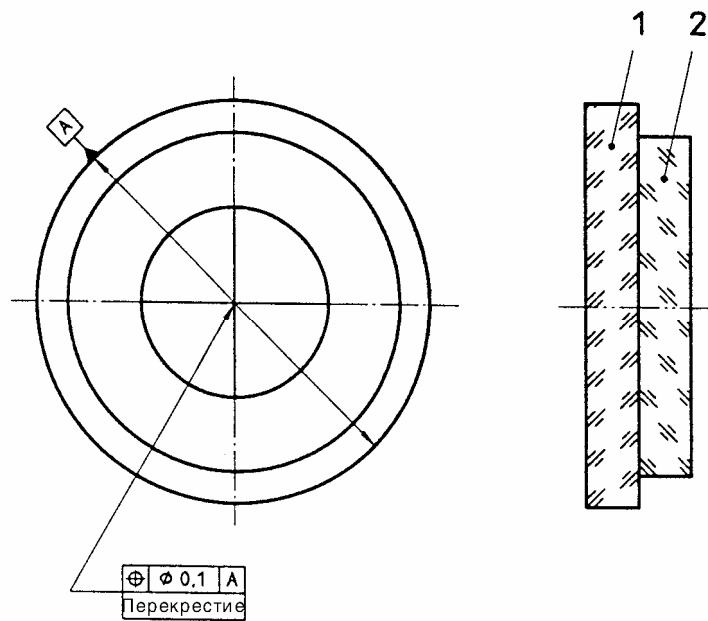


Рисунок 16 – Обозначение допуска на центровку окулярной сетки (перекрестия)

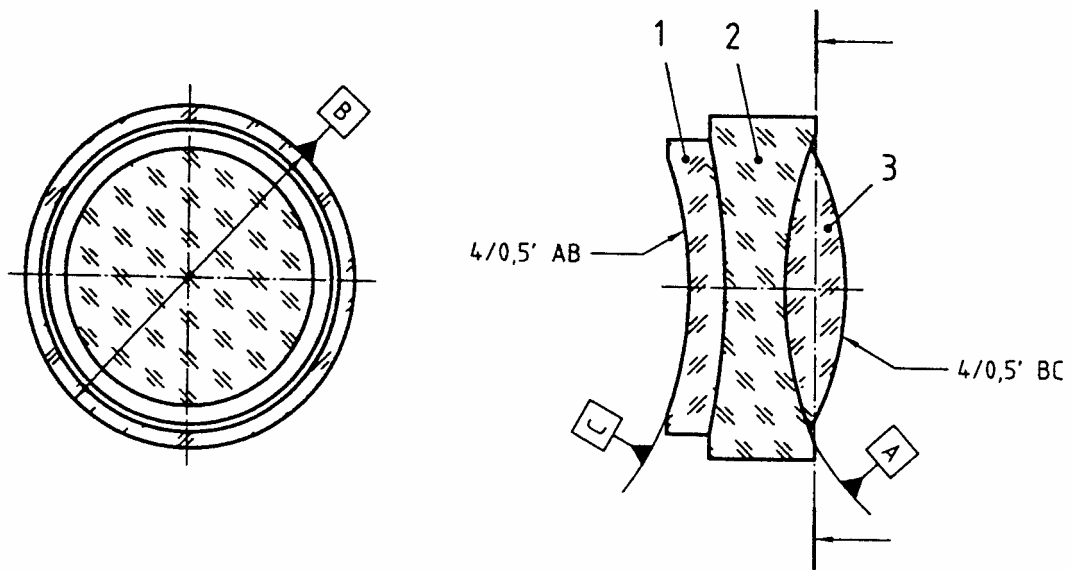


Рисунок 17– Обозначение допуска на центровку склеенного элемента, относительно двух разных базовых осей

Приложение А (информационное)

Библиография

- [1] ISO 5459:1981, Technical drawings – Geometrical tolerancing – Datums and datum systems for geometrical tolerances.
- [2] ISO 10110-1:1996, Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 1: General.
- [3] ISO 10110-10:1996, Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 10: Table representing data of a lens element.
- [4] ISO 10110-12:1997, Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 12: Aspheric surfaces.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
СТАНДАРТ

ISO
10110 – 7

Первое издание
1996-03-15

**Оптика и оптические приборы –
Правила оформления чертежей оптических
элементов и систем –**

**Часть 7:
Допуски на дефекты поверхности**

*Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical
elements and systems-*

Part 7: Surface imperfection tolerances

*Optique et instruments d'optique – Indications sur les dessins pour
elements et systemes optiques–*

Partie 7: Tolerances d'imperfection de surface



Предисловие

ISO (Международная организация по стандартизации) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (членов организации ISO). Работа по разработке Международных стандартов обычно выполняется техническими комитетами ISO. Каждый член организации, интересующийся темой, разработка которой поручена техническому комитету, имеет право сотрудничать в этом комитете. Международные организации, государственные и негосударственные, связанные с ISO так же принимают участие в работе. При всех разработках электротехнических стандартов, ISO тесно сотрудничает с Международной Электротехнической Комиссией (CEI).

Проекты Международных Стандартов, принимаемые техническими комитетами, предъявляются членам организации на согласование. Публикация в качестве Международного стандарта требует согласия по крайней мере 75% членов организации, обладающих правом голоса.

Международный стандарт 10110-7 был разработан Техническим Комитетом ISO/TC172, *Оптика и оптические приборы*, Подкомитетом SC1, *Основные стандарты*.

ISO 10110 состоит из следующих частей, под основным названием *Оптика и оптические приборы — Правила оформления чертежей оптических элементов и систем*:

- *Часть 1: Общие положения*
- *Часть 2: Дефекты материала – Двулучепреломление, вызываемое напряжением*
- *Часть 3: Дефекты материала – Пузыри и включения*
- *Часть 4: Дефекты материала – Неоднородности и свили*
- *Часть 5: Допуски на форму поверхности*
- *Часть 6: Допуски на центрировку*
- *Часть 7: Допуски на дефекты поверхности*
- *Часть 8: Текстура поверхности*

© ISO 1996

Права на переиздание защищены. За исключением специального предписания, никакая часть этой публикации не может быть ни переиздана, ни использована в какой бы то ни было форме и производной от него, будь то электронной или механической, включая фотокопию и микрофильмы, без письменного согласия издателя.

Международная организация по разработке стандартов
Почтовый ящик 56 • CH-1211 Женева 20 • Швейцария
Напечатано в Швейцарии

- *Часть 9: Поверхностная обработка и покрытия*
- *Часть 10: Табличная форма представления данных линзового элемента*
- *Часть 11: Данные без допусков*
- *Часть 12: Асферические поверхности*
- *Часть 13: Порог разрушения лазерным облучением*

Приложения А, В, С и D являются составной частью этой части ISO 10110. Приложения Е, F, G даны только в качестве информации.

Оптика и оптические приборы – Правила оформления чертежей оптических элементов и систем – Часть 7:

Допуски на дефекты поверхности

1 Область использования

ISO 10110 оговаривает правила представления конструктивных и функциональных требований к оптическим элементам и системам на технических чертежах, используемых при производстве и контроле.

Эта часть ISO 10110 оговаривает правила обозначения допустимого уровня дефектов поверхности (царапины, проколы, следы зажима, внешние дефекты обработки и др.) внутри светового отверстия присутствующих на оптических поверхностях отдельных оптических элементов. Указывается также и метод определения размера допустимых выколов.

Следует отметить, что указанный уровень дефектов поверхности, учитывает как функциональные результаты (касающиеся формирования изображения или срока службы оптического элемента), так и косметические (эстетические) впечатления.

Эта часть ISO 10110 применяется одновременно к преломляющим и отражающим поверхностям. Она применяется к готовым оптическим элементам (включая обработку) и не применяется к сборкам. Она признает, что допустимые дефекты поверхности могут быть уточнены соответственно одним из двух методов, либо Методом I (зона поверхности, затемняемая или производящая впечатление затемняемой дефектами), либо Методом II (видность дефектов). Правила указания допустимых дефектов поверхности приведены для обоих случаев.

2 Ссылки на нормативные документы

Приводимые ниже стандарты содержат положения, которые, вследствие ссылок, которые на них сделаны в этом тексте, составляют положения этой части ISO 10110. На

период публикации указываемые издания были действующими. Все стандарты подвергаются пересмотру и части, требующие согласования, заложенные в основу в этой части ISO 10110, подтверждаются исследованием возможности применения наиболее современных изданий стандартов, приводимых ниже. Члены ИЕС и ISO ведут журналы учета находящихся в обращении в настоящее время Международных стандартов.

ISO 10110-1: 1996, *Оптика и оптические приборы – Правила оформления чертежей оптических элементов и систем – Часть 1: Общие положения.*

ISO 10110-8: 1997, *Оптика и оптические приборы – Правила оформления чертежей оптических элементов и систем – Часть 8: Текстура поверхности.*

3 Определения

Для целей этой части ISO 10110 применяются следующие определения.

3.1 дефекты поверхности:

Дефекты, локализованные внутри оптически действующего отверстия поверхности, полученные в результате некорректной обработки во время или после процесса изготовления.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Примерами дефектов поверхности являются: царапины, проколы, прополированные пузыри, прожилки, царапины и следы зажима. Сюда также включены и имеющиеся внешние дефекты обработки, такие как серые пятна, закрашивания, которые поглощают или отражают свет иначе, чем остальное покрытие.

3.2. длинные царапины: Тонкие дефекты поверхности с наибольшей длиной 2 мм.

ПРИМЕЧАНИЯ

2 Они больше бросаются в глаза, чем более короткие дефекты той же ширины, из-за своей длины

3 Длинные царапины и внешние дефекты обработки не указываются по отдельности, кроме случая, когда используется Метод I.

3.3 выколки: Дефекты, сосредоточенные на периферии элемента.

ПРИМЕЧАНИЕ 4 Даже если выколки находятся вне рабочей оптической зоны, они могут навредить испытанию оптических систем, затрудняя крепление элементов, фактически они представляют источник дифракции света или источники возникновения трещин.

3.4 дефекты поверхности сборки:

Смотри ISO 10110-8.

4 Обозначение на чертежах

Обозначение допустимых дефектов поверхности определяется кодовым номером и числовым значением. Кодовым номером дефектов поверхности является цифра 5.

Числовые значения зависят от используемого метода (Метода I или Метода II) и описываются в 4.1 или 4.2.

4.1 Метод I – Метод затемняемой или производящей впечатление затемненной зоны

4.1.1. Основные дефекты поверхности

В Методе I обозначение на чертеже допустимого числа и размера основных дефектов поверхности в оптически действующем отверстии поверхности, имеет вид

$$5/N \times A$$

Обозначение в форме $N \times A$ определяет число, N , допустимых дефектов поверхности максимально приемлемого размера и эталонный класс, A , который равен квадратному корню из площади поверхности максимально допустимого дефекта, в миллиметрах. Рекомендуются значения A даны в первом столбце в таблице A.1.

4.1.1.1. Внешние дефекты обработки

Возможно, более точное указание допустимого уровня внешних дефектов обработки отдельно от основных дефектов поверхности, если необходимо.

Продолжением обозначения основных дефектов поверхности и отделенных от него точкой с запятой является обозначение внешних дефектов обработки, допустимых в оптически действующем отверстии, в виде:

$$CN' \times A'$$

где C обозначает внешние дефекты обработки, N' - разрешаемое число внешних дефектов максимально допустимого размера и A' - эталонный класс, как определено в 4.1.1.

ПРИМЕЧАНИЕ 5 Вообще, если поверхность имеет просветляющее покрытие, эталонный класс A' превосходит эталонный класс A дефектов непросветленной поверхности, ввиду сложности отличить мелкие внешние дефекты обработки от дефектов поверхности.

Обозначение дефектов поверхности, включая внешние дефекты обработки, имеет вид:

$$5/N \times A; CN' \times A'$$

Если никакого отдельного обозначения внешних дефектов обработки не указано, то оно включено в принятое обозначение допустимых основных дефектов поверхности:

$$5/N \times A$$

4.1.1.2. Длинные царапины

Продолжением обозначения основных дефектов поверхности (и внешних дефектов обработки, при случае) и отделенным от него точкой с запятой является обозначение длинных царапин (с максимальной длиной 2 мм), которые допускаются в оптически действующем отверстии поверхности:

$$LN'' \times A''$$

где L обозначает длинные царапины, N'' - допустимое число длинных царапин и эталонный класс A'' , уточняет максимально возможную ширину царапин, в миллиметрах.

Обозначение дефектов поверхности, включая внешние дефекты обработки и длинные царапины, имеет вид:

$$5/N \times A; CN' \times A'; LN'' \times A''$$

4.1.1.3 Выколки

Продолжением обозначения основных дефектов поверхности (и внешних дефектов обработки и/или длинных царапин, при случае) и отделенным от него точкой с запятой является обозначение допустимых выколок в виде

$$EA'''$$

где E обозначает выколки, а эталонный класс A''' уточняет максимально допустимую протяженность одной выколки от физического края поверхности измеряемого элемента параллельно поверхности, в миллиметрах. Допускается любое число выколок, лишь бы их протяженность, начиная от края, не превышала интервала A'''.

Полное обозначение дефектов поверхности, включая внешние дефекты обработки, длинные царапины и выколки, имеет вид:

$$5/N \times A; CN' \times A'; LN'' \times A''; EA'''$$

4.1.2 Подразделения

Разрешается гораздо большее число основных дефектов поверхности (включая внешние дефекты обработки) при меньшем эталонном классе, если сумма их площадей не превышает суммарную максимальную площадь:

$N \cdot A^2$ для основных дефектов поверхности;

$N' \cdot A'^2$ для внешних дефектов обработки.

Эталонные классы даны в столбцах таблицы А.1, а соответствующие коэффициенты умножения - в первой строке таблицы.

Таблица А.1 показывает, например, что шесть дефектов поверхности эталонного класса 0,10 имеют такую же площадь, что и один дефект поверхности эталонного класса 0,25.

При определении числа допустимых дефектов поверхности не учитываются те из них, которые имеют эталонный класс 0,16А или менее.

Допускается большее число длинных царапин при условии, что их суммарная ширина не превышает $N'' \cdot A''$. При вычислении этой суммы не учитываются царапины, ширина которых менее $0,3A''$.

4.1.3 Скопления

Скопление дефектов не допускается. Скоплением считается, когда более 20% числа допустимых дефектов находится в 5% испытываемой зоны. Если общее число дефектов поверхности меньше 10, то два дефекта или больше, находящиеся в 5%-ой зоне, считаются скоплением.

4.1.4 Образец сравнения

Образец сравнения описан в приложении Е. Он может быть использован для того, чтобы сравнить размер дефектов поверхности с типовыми дефектами, эталонный класс которых известен.

4.2 Метод II – Метод видности

Этот метод необходим для исследования элемента на контрольном устройстве, описанном в приложении В.

В Методе II подвергается контролю весь оптический элемент. Дефекты всех используемых оптических поверхностей, как так же и дефекты материалов (пузыри и другие включения) наблюдаются одновременно. Следует отметить, что он обладает фундаментальным отличием по отношению к Методу I, где поверхности должны контролироваться отдельно.

Хотя контроль, в общем, не разделяет вкладов отдельных поверхностей, допуски на дефекты поверхности должны уточняться по отдельности, так как они служат в качестве справочника для изготовления поверхностей. Внешние дефекты обработки и длинные царапины являются частями общей категории дефектов поверхности в Методе II, и, следовательно, никаких отдельных обозначений не требуется. Подразделения и скопления не являются предметом с особыми предписаниями, так как этого не требуется, когда применяется Метод II.

4.2.1 Основные дефекты поверхности

Обозначение на чертеже видности дефектов поверхности оптического элемента, определяемых Методом II, имеет вид либо

$$5/TV$$

либо

$$5/RV$$

где T или R являются обозначениями, обозначающими испытание на просвет или отражение, а V – номер класса видности, со-

гласно приложению С. (Два обозначения “Т” и “R” применяются в случае поверхности с двойным действием, как делитель лучей). Число V является целым числом и изменяющимся от 1 до 5 в последовательности строгого убывания (от 1 до 5) из-за дефектов поверхности элемента.

4.2.2. Выколки

Продолжением обозначения дефектов поверхности по методу видности (смотри 4.2.1) и отделенным от него точкой с запятой является обозначение допустимых выколок, определяемое как и в Методе I в виде

EA''

где E обозначает выколки, а эталонный класс A'' уточняет максимально возможную протяженность одной выколки от физического края поверхности измеряемого элемента параллельно поверхности, в миллиметрах. Допускается любое число выколок, лишь бы их протяженность, начиная от края, не превышала A''.

Полное обозначение дефектов поверхности, включая выколки, по Методу II имеет вид

5/TV; EA''

или

5/RV; EA''

4.3. Размещение

Обозначение должно быть записано вблизи поверхности, к которой оно относится. Если необходимо, обозначение может быть соединено с элементом выносной линией. Предпочтительно его объединить с другими обозначениями допусков на поверхность (допуск на форму поверхности и допуск на центрировку). Пример такого обозначения дан в ISO 10110-1:1996, приложение A.

Обозначение может быть дано также в виде таблицы, в соответствии с ISO 10110-10:1996.

Если два или более оптических элемента должны быть склеены (или соединены за счет оптического контакта), то допуски на дефекты поверхностей, указанные для отдельных элементов, распространяются также, за исключением противоположных указаний, на поверхности оптической сборки, то есть после склеивания (или оптического контакта). Смотри ISO 10110-1:1996, параграф 4.8.3.

Приложение А (нормативное)

Рекомендуемые значения эталонных классов и коэффициентов подразделений для Метода I

Рекомендуемый набор значений эталонных классов А дан в первом столбце таблицы А.1. Столбцы со второго по четвертый показывают связь между эталонными классами и их коэффициентами умножения.

Таблица указывает, например, что шесть дефектов поверхности, эталонный класс которых равен 0,25, имеют такую же площадь, что и один дефект, эталонный класс которого равен 0,63.

Таблица А.1 – Рекомендуемые значения и коэффициенты подразделений для дефектов поверхности в соответствии с Методом I

	Коэффициенты умножения			
	1 (рекомендуемые значения)	2,5	6,3	16
Эталонные классы А, мм	0,006			
	0,010	0,006		
	0,016	0,010	0,006	
	0,025	0,016	0,010	0,006
	0,040	0,025	0,016	0,010
	0,063	0,040	0,025	0,016
	0,10	0,063	0,040	0,025
	0,16	0,10	0,063	0,040
	0,25	0,16	0,10	0,063
	0,40	0,25	0,16	0,10
	0,63	0,40	0,25	0,16
	1,0	0,63	0,40	0,25
	1,6	1,0	0,63	0,40
	2,5	1,6	1,0	0,63
	4,0	2,5	1,6	1,0

ПРИМЕР

Если обозначение имеет вид $5/2 \times 0,25$ (т.е. 2 дефекта поверхности эталонного класса 0,25), то тогда допускаются $2 \times 2,5 \approx 5$ дефектов поверхности, эталонный класс которых равен 0,16, или $2 \times 6,3 \approx 12$ дефектов поверхности, эталонный класс которых равен 0,1 или $2 \times 16 \approx 32$ дефекта поверхности, эталонный класс которых равен 0,063. Всякая комбинация, соответствующая той, которая равновелика первой, допустима при условии, что суммарная площадь проекций всех дефектов поверхности, эталонный класс которых превосходит $0,16 \times 0,25 = 0,04$, не превышает $2 \times 0,25^2 \text{ мм}^2 = 0,125 \text{ мм}^2$.

Приложение В (нормативное)

Описание контрольного устройства для Метода II

В.1 Принцип работы

Свет, дифрагированный дефектами поверхности образца, подвергаемого испытаниям, сравнивается со световым фоном эталона. Класс видности определяется уровнем освещенности образца, при котором дефекты поверхности становятся видимыми; каждый класс видности соответствует освещенности отдельного образца.

Для того, чтобы гарантировать одинаковый уровень чувствительности, независимо от наблюдателя, световой фон эталона должен быть отрегулирован с использованием эталонного образца, описанного в приложении D.

Подробные описания принципа работы, которые касаются физики и физиологической оптики, даны в приложении G, ссылки со [2] по [4].

В.2 Описание контрольного устройства

Контрольное устройство для классификации дефектов поверхности предполагает два способа:

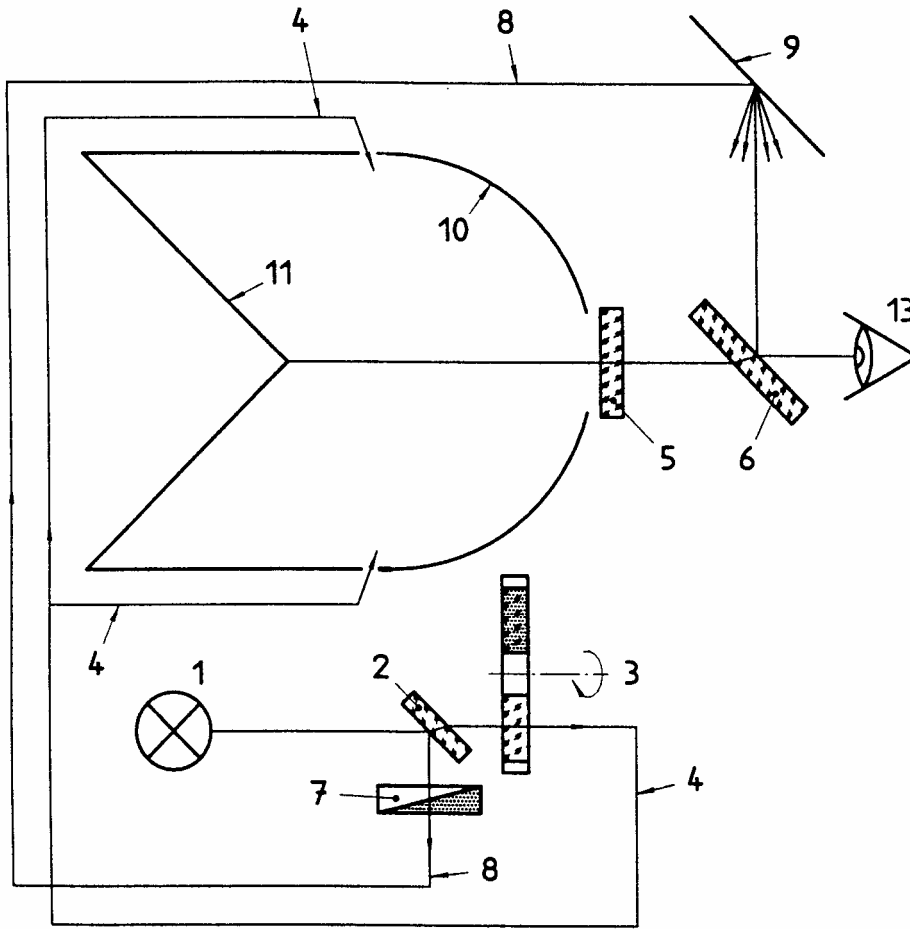
— Способ, основанный на полусфере, равномерно освещающей образец, за

исключением угла, твердо определяемого положением глаза наблюдателя, расположенного в 30 см от образца. (Это свидетельствует о том, что в отсутствие образца ни один световой луч не достигает глаза наблюдателя.)

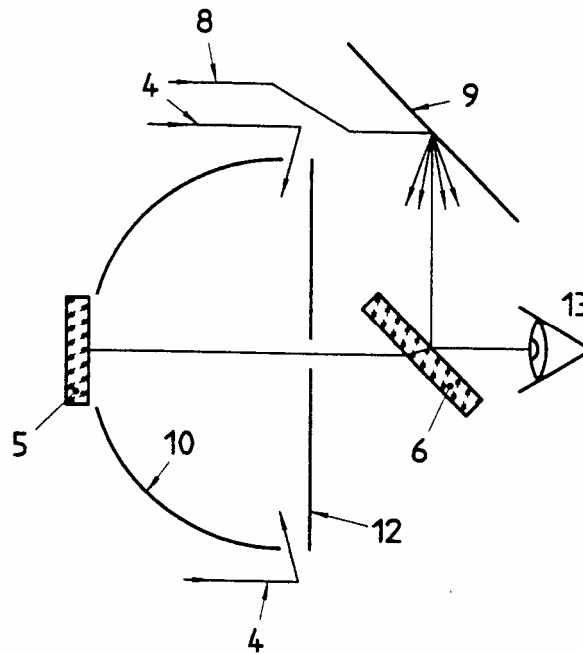
- Способ эталона, который накладывает на поле наблюдателя фон равномерной яркости с помощью делителя лучей. Эта яркость должна регулироваться до тех пор, пока эталонный дефект, описанный в приложении D, не станет видимым наблюдателю, когда он будет освещен до уровня 2 500 lux. (Следует отметить, что каждый наблюдатель должен отрегулировать контрольное устройство таким способом).

В.3 Схематический рисунок устройства

Рисунок В.1 показывает соответственно схематические рисунки контрольной установки для испытаний на просвет и отражение. С помощью соответствующего расположения оптических волокон достигается освещение образца, подвергаемого испытанию, до черного фона. (Для большей информации смотри приложение G, ссылку [4]).



a) Схематический рисунок контрольного устройства для испытаний на просвет



b) Схематический рисунок контрольного устройства для испытаний на отражение

- | | | | |
|---|---|----|---|
| 1 | Источник света (ксеноновая дуговая лампа) | 8 | Способ освещения фона (оптические волокна) |
| 2 | Делитель лучей | 9 | Серый фон |
| 3 | Регулировка уровня освещения образца | 10 | Полушарие, внутренняя поверхность белая матовая |
| 4 | Способ освещения образца (оптические волокна) | 11 | Световая ловушка (черная) |
| 5 | Образец, подвергающийся испытанию | 12 | Экран (черный) |
| 6 | Делитель лучей | 13 | Глаз наблюдателя |
| 7 | Регулировка освещенности фона | | |

Рисунок В.1 — Контрольное устройство

Приложение С (нормативное)

Обозначения классов видности для Метода II

Таблица С.1 – Обозначение классов видности при контроле на просвет

Контроль на просвет		
Класс видности	Освещенность образца, подвергаемого испытанию	Фон эталона
T5	310 lux \pm 5%	Регулируемый
T4	625 lux \pm 5%	Регулируемый
T3	1 250 lux \pm 5%	Регулируемый
T2	2 500 lux \pm 5%	Регулируемый
T1	2 500 lux \pm 5%	Черный

Таблица С.2 – Обозначение классов видности при контроле на отражение

Контроль на отражение		
Класс видности	Освещенность образца, подвергаемого испытанию	Фон эталона
R5	310 lux \pm 5%	Регулируемый
R4	625 lux \pm 5%	Регулируемый
R3	1 250 lux \pm 5%	Регулируемый
R2	2 500 lux \pm 5%	Регулируемый
R1	2 500 lux \pm 5%	Черный

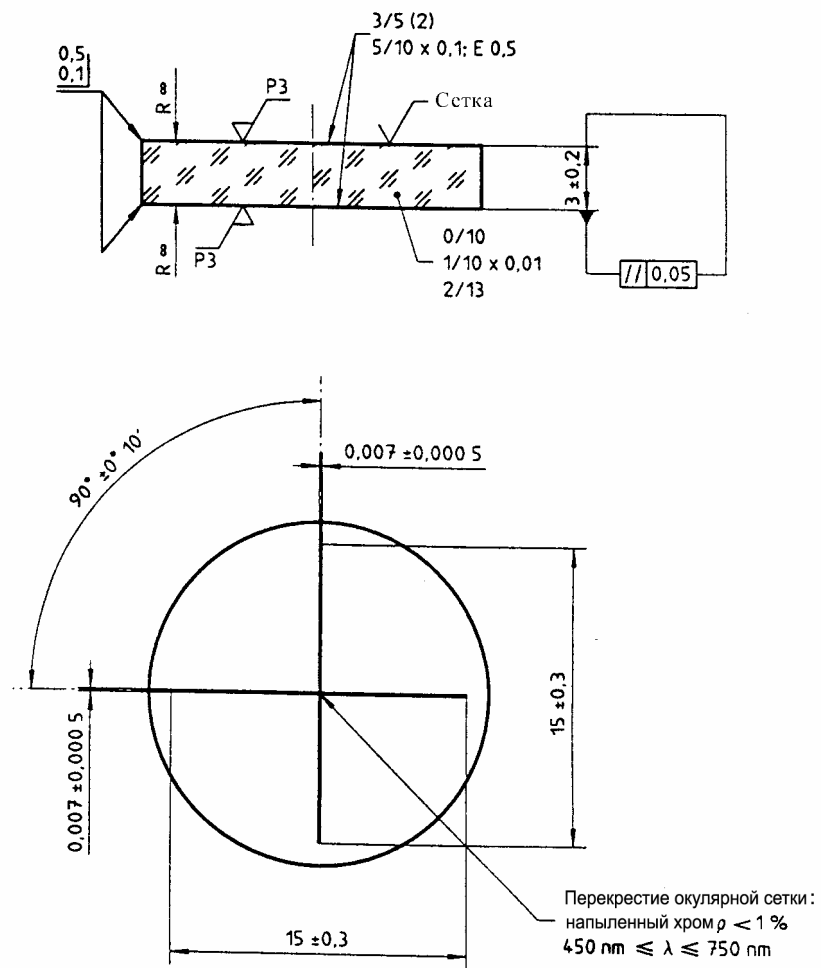
Замечания, касающиеся классов качества:

- 1) Хотя освещенности разных классов могут определяться с допуском \pm 5%, допуск на отношения освещенностей между этими классами должен составлять \pm 2%.
- 2) Для деталей, подвергающихся контролю до просветления, следует обращать внимание на возможное увеличение контраста после просветления.
- 3) За исключением специальных указаний, принимаются в расчет все дефекты, видимые благодаря методу, описанному здесь, не делая различия между дефектами материала и поверхности.

Приложение D (нормативное)

Эталонный дефект для калибровки контрольного устройства Метода II

(Обозначения согласно различным частям ISO 10110)



Материал: стекло, NATO 517 642

Рисунок D.1 – Эталонный дефект для калибровки

Приложение Е (информационное)

Рекомендуемые размеры типовых дефектов на образцах сравнения для Метода I

Настоящее приложение дает рекомендуемые размеры типовых дефектов круговых и в форме царапин, которые могут быть использованы для сравнения размеров во время контроля оптических элементов.

Для сравнения размеров дефектов на прозрачных поверхностях полезны типовые дефекты, состоящие из непрозрачного материала на стекле.

Для сравнения размеров дефектов на отражающих поверхностях могут быть полезны не отражающие типовые дефекты на поверхности, которая, наоборот, является отражающей.

В обоих случаях рекомендуется, чтобы образец сравнения был выполнен нанесением хрома на стекло методом испарения.

Для некоторых случаев применения могут быть также полезны более крупные или более мелкие типовые дефекты.

Таблица Е.1 – Рекомендуемые размеры типовых дефектов для сравнения размеров

	Эталонный класс	Диаметр кругового “дефекта” μm	Размер царапины μm x μm
Образец п° 1	0,004	4,5	1 x 16
	0,006	7	1,6 x 25
	0,010	11	2,5 x 40
	0,016	18	4,0 x 63
	0,025	28	6,3 x 100
	0,040	45	10 x 160
Образец п° 2	0,040	45	10 x 160
	0,060	70	16 x 225
	0,100	110	25 x 400
	0,160	180	40 x 630
	0,250	280	63 x 1 000
	0,400	450	100 x 1 600

Приложение F (информативное)

Примеры обозначений допустимых дефектов поверхности

F.1 Пример 1 (Метод I)

Допускаются три дефекта поверхности эталонного класса $A=0,63$; два внешних дефекта обработки эталонного класса $A'=1,6$; две длинные царапины эталонного класса $A''=0,01$ и выколки протяженностью $A'''=1,0$. Эталонный класс $A=0,63$ эквивалентен площади $(0,63)^2=0,40 \text{ мм}^2$ на дефект.

	Пример обозначения дефектов поверхности при использовании Метода I
5/3 0,63	Численный символ для дефектов поверхности Допустимое число дефектов Эталонный класс дефектов поверхности
C 2 1,6	Символ внешних дефектов обработки Допустимое число дефектов обработки Эталонный класс внешних дефектов обработки
L 2 0,01	Символ длинных царапин Допустимое число длинных царапин Эталонный класс длинных царапин
E 1,0	Символ выколок Эталонный класс протяженности выколок

Эталонный класс допускает то, что три допустимых дефекта поверхности могут быть подразделены на более мелкие дефекты, при условии, что сумма площадей подразделенных дефектов не превосходит $3 \cdot (0,63)^2 = 1,2 \text{ мм}^2$, и что никакой дефект не превосходит эталонный класс 0,63. Согласно приложению A видно, например, что допускается следующая группа дефектов поверхности:

- 1 дефект эталонного класса 0,63
- +2 дефекта эталонного класса 0,40
- +6 дефектов эталонного класса 0,25

с суммарной площадью $< 1,2 \text{ мм}^2$.

Дефекты, эталонный класс которых равен $0,16 \cdot 0,63 = 0,10$ или менее, не учитываются.

Ф.2 Пример 2 (Метод II)

Линза не должна иметь видимых дефектов, когда она наблюдается на просвет через прибор испытания видности (смотри приложение В), освещение которого соответствует классу видности 3 (смотри приложение С). Кроме того, не допускается никакая выколка, если она простирается более чем на 1,0 мм от края элемента.

5/Т3; Е 1,0	Пример обозначения дефектов поверхности при использовании Метода II
5/	Численный символ для дефектов поверхности
Т	Символ, указывающий на метод наблюдения на просвет
3	Число, указывающее на уровень видности дефекта
Е	Символ для выколок
1,0	Эталонный класс протяженности выколок

Приложение G (информационное)

Список используемой литературы

Ссылки со [2] по [4] содержат дополнительную информацию, касающуюся Метода II.

Ссылка [5] описывает микроскоп-компаратор изображений для количественных обмеров дефектов. Этот замер базируется на определении ширин линий, эквивалентных дефектам. Этот прибор может быть полезен, например, при сравнении Методов I и II между собой или с существующими стандартами.

[1] ISO 10110-10:1996, *Optique et instruments d'optique — Indications sur les dessin pour elements et systemes optiques — Partie 10: Tableau representant les donnees d'une lentille*. [Оптика и оптические приборы — Правила оформления чертежей оптических элементов и систем — Часть 10: Табличная форма представления данных линзового элемента].

[2] HUARD, A. *Visibility method for classifying microscopic surface defects for both reflection and transmission systems* [Метод видимости для классификации микроскопических дефектов поверхности для систем пропускания и отражения], Proc. SPIE. **525**, pp. 37-42 (1985).

[3] MARIOGE, J.P., HUARD, A., MUNIER, M. Et HAUTCOLAS, J.L. *Validation of a local defect classification procedure*, [Законность процедуры классификации местных дефектов], Proc. SPIE. **1009**. p. 218 (1988)

[4] *Optical inspection station* [Устройство оптического контроля], GIAT Industries F-78013 Versailles, France (Leaflet).

[5] BAKER, L.R. *Inspection of surface flaws by comparator microscopy* [Контроль дефектов поверхности с помощью микроскопа-компаратора], Appl. Opt. **27**, 4620-5 (1988).

**Оптика и оптические приборы –
Правила оформления чертежей оптических
элементов и систем –**

**Часть 8:
Текстура поверхности**

*Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical
elements and systems-*

Part 8: Surface texture

*Optique et instruments d'optique – Indications sur les dessins pour
elements et systemes optiques-*

Partie 8: Etat de surface



Предисловие

ISO (Международная организация по стандартизации) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (членов организации ISO). Работа по разработке Международных стандартов обычно выполняется техническими комитетами ISO. Каждый член организации, интересующийся темой, разработка которой поручена техническому комитету, имеет право сотрудничать в этом комитете. Международные организации, государственные и негосударственные, связанные с ISO, так же принимают участие в работе. ISO при всех разработках электротехнических стандартов, тесно сотрудничает с Международной Электротехнической Комиссией [International Electrotechnical Commission] (IEC).

Проекты Международных Стандартов, принимаемые техническими комитетами, предъявляются членам организации на согласование. Публикация в качестве Международного стандарта требует согласия по крайней мере 75% членов организации, обладающих правом голоса.

Международный стандарт 10110 – 8 был разработан Техническим Комитетом ISO/TC172, *Optics and optical instruments* (Оптика и оптические приборы), Подкомитетом SC1, *Fundamental standards* [Основные стандарты].

ISO 10110 состоит из следующих частей, под общим названием *Optics and optical instruments - Preparation of drawings for optical elements and systems* (Оптика и оптические приборы - Правила оформления чертежей оптических элементов и систем):

- *Part 1: General* [Часть 1: Общие положения]
- *Part 2: Material imperfections – Stress birefringence* [Часть 2: Дефекты материала – Двулучепреломление, вызываемое напряжением]
- *Part 3: Material imperfections – Bubbles and inclusions* [Часть 3: Дефекты материала – Пузыри и включения]
- *Part 4: Material imperfections – Inhomogeneity and striae* [Часть 4: Дефекты материала – Неоднородности и свили]
- *Part 5: Surface form tolerances* [Часть 5: Допуски на форму поверхности]
- *Part 6: Centering tolerances* [Часть 6: Допуски на центрировку]
- *Part 7: Surface imperfection tolerances* [Часть 7: Допуски на дефекты поверхности]
- *Part 8: Surface texture* [Часть 8: Текстура поверхности]

– *Part 9: Surface treatment and coating* [Часть 9: Поверхностная обработка и покрытия]

– *Part 10: Table representing data of a lens element* [Часть 10: Табличная форма представления данных линзового элемента]

– *Part 11: Non-toleranced data* [Часть 11: Данные без допусков]

– *Part 12: Aspheric surfaces* [Часть 12: Асферические поверхности]

– *Part 13: Laser irradiation damage threshold* [Часть 13: Порог разрушения лазерным облучением]

Приложение А образует неотъемлемую часть этой части ISO 10110. Приложения В и С являются только информационными.

Оптика и оптические приборы – Правила оформления чертежей оптических элементов и систем –

Часть 8:

Текстура поверхности

1 Область использования

ISO 10110 оговаривает правила представления конструктивных и функциональных требований к оптическим элементам и системам на технических чертежах, используемых при производстве и контроле.

Эта часть ISO 10110 оговаривает правила обозначения текстуры поверхностей оптических элементов.

2 Ссылки на нормативные документы

Приводимые ниже стандарты содержат положения, которые, из-за ссылок на них в этом тексте, составляют положения этой части ISO 10110. На период публикации указываемые издания были действующими. Все стандарты подвергаются пересмотру и части, требующие согласования, заложенные в основу в этой части ISO 10110, подтверждаются исследованием возможности применения наиболее современных изданий стандартов, приводимых ниже. Члены IEC и ISO ведут журналы учета находящихся в обращении в настоящее время Международных стандартов.

ISO 1302:1992, *Technical drawings — Method of indicating surface texture*. [Технические чертежи — Метод обозначения текстуры поверхности].

ISO 4287:1997, *Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Terms, definitions and surface texture parameters*. [Геометрические характеристики изделия (GPS) — Текстура поверхности: Метод профилей — Термины, определения и параметры текстуры поверхности].

ISO 10110-10:1996, *Optics and optical instruments— Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 10: Table representing data of a lens element*. [Оптика и оптические приборы— Правила оформления чертежей оптических элементов и систем — Часть 10: Табличная форма представления данных линзового элемента].

3 Определения

Для целей этой части ISO 10110 применяются следующие определения.

3.1 текстура поверхности: Общепризнанная статистическая характеристика, относящаяся к профилю оптической поверхности.

ПРИМЕЧАНИЕ: Локализованные дефекты, известные как дефекты поверхности, оговариваются в ISO 10110-7.

3.2. матовая поверхность: Оптическая поверхность, для которой изменение высоты текстуры поверхности незначительно меньше, чем длина волны видимого света.

ПРИМЕЧАНИЕ — Матовые поверхности обычно изготавливаются путем грубой шли-фовки стекла или другого диэлектрического материала, или путем травления.

3.3 зеркальная [оптически гладкая] поверхность: Оптическая поверхность, для которой изменение высоты текстуры поверхности значительно меньше, чем длина волны видимого света.

ПРИМЕЧАНИЯ

1. Благодаря меньшему изменению высоты величина рассеянного света становится меньшей.
2. Полированные оптические поверхности обычно изготавливаются путем полировки или моллирования (отливки).

3.4. микродефект: Небольшая неровность (обычно размером меньше, чем 1 μm) на полированной поверхности.

ПРИМЕЧАНИЯ

1. Обычно микродефекты представляют собой маленькие углубления, остающиеся после неполной полировки, хотя они могут возникать так же из-за несоблюдения правил эксплуатации и загрязнений в ходе полирования.
2. Микродефекты не считаются дефектами поверхности, как трактуется в ISO 10110-7, поскольку они распределяются относительно равномерно по поверхности и таким образом имеют общую характеристику, ассоциирующуюся с текстурой.

4 Описание структуры поверхности

4.1 Общие положения

Текстура поверхности является общепризнанной статистической характеристикой профиля оптической поверхности, и для этой части ISO 10110 предполагается, что характер и величина текстуры в любой отдельной области поверхности одинаковы с характером и текстурой во всех других областях той же самой поверхности. Это предполагает то, что измерение, сделанное в одной части поверхности, может считаться типичным по всей поверхности.

Если не утверждается другое, то обозначение текстуры поверхности применяется к поверхностям до операции нанесения покрытия ¹⁾.

Текстура обычно измеряется на небольшом участке поверхности таким образом, что длинные пространственные периоды, связанные с формой поверхности, не включаются в определение текстуры. Так как величина измеряемой шероховатости является функцией эталонной длины ²⁾, то эта часть ISO 10110 предусматривает обозначение эталонной длины.

Эта часть ISO 10110 использует терминологию профилометрии. Хотя основным действием шероховатости поверхности является оптическое рассеяние, производить замеры рассеяния не рекомендуется, поскольку причины рассеяния другие, а не текстура. (Связь между текстурой поверхности и оптическим рассеянием обсуждается в рекомендациях в ссылке C).

Характеристики текстуры поверхности применимы как к матовым или шлифованным поверхностям, так и также к полированным поверхностям, изготавливаемым методом полирования или литья. В этой части ISO 10110 текстура относится также к микродефектам, таким, как углубления, остающиеся от незаконченной полировки, которые обычно равномерно распределяются по полированной поверхности.

В зависимости от области применения поверхности и величины изменения высоты поверхности могут быть использованы для численного описания текстуры поверхности один или больше методов, обрисованных в общих чертах ниже.

4.2. Описание матовых поверхностей

Матовые поверхности должны быть охарактеризованы обозначением среднеквадратического (r.m.s.) изменения высоты, Rq (см. ISO 4287:1997, 5.110. Эта величина зависит от эталонной длины. По этой причине может быть необходимым точное определение нижнего предела или, если требуется, нижнего и верхнего пределов эталонной длины.

В некоторых случаях функциональные требования могут предписывать и другие критерии шероховатости, кроме Rq . В таких случаях этот другой критерий должен быть обозначен таким образом, как показано в ISO 1302:1992, таблица B.2.

1) Это является характерным исключением из общей формулировки в ISO 10110-1:1996, пункт 3, первый параграф.

2) Эталонная длина является длиной, используемой для идентификации неровностей текстуры поверхности (см. ISO 4287:1997, 3.1.9).

4.3 Описание полированных поверхностей

Имеется три метода описания полированных поверхностей: посредством среднеквадратической (r.m.s.) шероховатости поверхности Rq ; посредством указания плотности микродефектов; или посредством использования функции удельной спектральной плотности (PSD).

4.3.1 Среднеквадратическая (r.m.s.) шероховатость поверхности

Полированные поверхности обычно характеризуются указанием среднеквадратической (r.m.s.) шероховатости поверхности, Rq .

Если изменения высоты поверхности подчиняются определенным свойствам статистического распределения, то среднеквадратическая (r.m.s.) величина Rq , может быть связана с величиной оптического рассеяния (см. приложение В). Заметим, что среднеквадратическое (r.m.s.) описание является неполным без указания нижнего и верхнего пределов эталонной длины.

4.3.2 Количественное определение микродефектов

Под микродефектами могут пониматься существующие очень локализованные углубления на остальной "гладкой" поверхности. Они подсчитываются путем легкого волочения острой иглы механического профилометра поперек поверхности, одновременно измеряя и отмечая число раз, N , когда игла заметно отклоняется от обычно "гладкой" поверхности на длине сканирования 10 мм. Для подсчета микродефектов также могут быть использованы оптический профилометр, микроскоп или компаратор оптических изображений.

4.3.3 Функция удельной спектральной плотности (PSD)

Функция PSD представляет частотный спектр шероховатости поверхности, измеренный в обратных единицах длины. Она дает полное описание характеристик текстуры поверхности и особенно полезна для характеристики супергладких поверхностей, используемых в высокотехнологических областях применения. Описание с помощью функции PSD не ставит ограничений к природе, или статическим свойствам, измеряемой поверхности.

В одномерном случае (т.е. когда текстура поверхности может быть определена путем проведения измерения вдоль линии на поверхности), PSD, выражаемая в кубических микрометрах, может быть промоделирована выражением

$$\text{PSD} = A/f^B, \text{ для } \frac{1}{1000xD} < f < \frac{1}{1000xC} \quad \dots (1)$$

где f пространственная частота шероховатости, (в μm^{-1});
 B степень, до которой пространственная частота возводится;
 C и D минимальный и максимальный пространственные периоды (эталонные длины) измерений, в миллиметрах;
 A постоянная, выраженная в μm^{3-B} .

Величина B должна быть больше нуля (для многих реальных поверхностей, $1 < B < 3$, см. приложение С, ссылку [3]).

Таким образом, требования по текстуре поверхности могут быть установлены обозначением четырех величин A, B, C и D , для которых должно иметь силу выражение (1).

5 Обозначение на чертежах

Символы для обозначения текстуры поверхности на чертежах должны быть такими, какие приведены в ISO 1302:1992, и, если необходимо, модифицированными, как описано ниже.

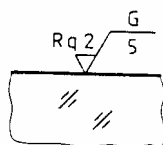
5.1 Обозначение текстуры матовой поверхности

Текстура матовой поверхности обозначается в соответствии с ISO 1302:1992, 6.1 с добавлением буквы G [для "шлифования" (for "Ground"³⁾)] над горизонтальной линией, как показано на фигу-

3) Буква "G" используется для обозначения всех матовых поверхностей, включая поверхности, не изготавливаемые механической шлифовкой, например травлением.

ре 1. Максимально допустимая среднеквадратическая (r.m.s.) шероховатость поверхности $Rq \max$, в микрометрах, указывается над треугольником. Когда указано единственное значение Rq , то оно представляет верхний предел параметра шероховатости поверхности. Если, кроме того, шероховатость не допустима ниже некоторой величины, то должна быть обозначена минимальная среднеквадратическая (r.m.s.) величина шероховатости поверхности $Rq \min$. Эта величина должна быть указана ниже максимальной величины.

Если требуется, может быть указан под горизонтальной линией нижний предел эталонной длины, как показано на фигуре 1. Если также должен быть определен верхний предел, то он должен быть отделен от нижнего предела косой чертой. Эталонные длины должны быть выражены в миллиметрах.

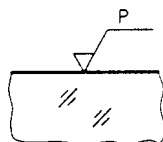


Фигура 1 – Обозначение шлифованной поверхности с $Rq = 2\mu\text{m}$ и минимальной эталонной длиной 5 mm.

5.2 Обозначение текстуры полированной поверхности

5.2.1 Общие положения

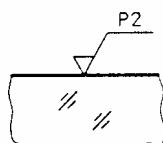
Обозначение текстуры полированной поверхности должно включать букву P⁴⁾ [для "полирования"] (for "Polished")] над горизонтальной линией, как показано на фигуре 2. Применение одной буквы P обозначает, что количественного подсчета микродефектов не требуется, однако поверхность должна быть полированной. Количественный аспект текстуры поверхности должен быть задан в терминах среднеквадратической (r.m.s.) шероховатости Rq , в терминах допустимых микродефектов, или в терминах PSD.



Фигура 2 – Обозначение полированной поверхности без количественных определений

5.2.2 Обозначение класса полировки в терминах микродефектов

Число допустимых микродефектов определяется указанием номера класса в пределах от 1 до 4 справа от буквы P, как показано на фигуре 3. Ряд соответствующих допустимых чисел микродефектов определяется классом в таблице А.1.

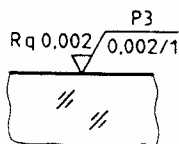


Фигура 3 – Обозначение полированной поверхности с < 80 микродефектами на 10 мм линейном сканировании поверхности

4) Буква "P" используется для обозначения всех полированных поверхностей, включая поверхности, не изготавливаемые полировкой, например литьем, или поверхности плавленого стекла

5.2.3 Обозначение среднеквадратической (r.m.s.) шероховатости поверхности

Среднеквадратическая (r.m.s.) шероховатость поверхности Rq указывается введением максимально допустимой величины среднеквадратической (r.m.s.) шероховатости, выражаемой в микрометрах, над треугольником, как показано на фигуре 4.



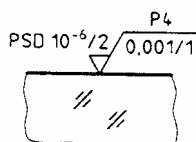
Фигура 4 – Обозначение полированной поверхности с < 16 микродефектами на 10 мм сканировании и $Rq \leq 0,002 \mu\text{m}$ между эталонными длинами 0,002 мм и 1 мм

Это обозначение может быть дополнено указанием класса полировки в терминах микродефектов, согласно 5.2.2.

5.2.4 Обозначение заданием функции PSD

Максимально допустимая величина функции PSD указывается введением букв PSD и величин A и B, как определено в 4.3.3, и разделяемых косой черточкой, над треугольником символа текстуры, как показано на фигуре 5. Минимальный и максимальный пространственные периоды (эталонные длины), C и D, выражаемые в миллиметрах, размещаются под горизонтальной линией, разделяемые косой черточкой как на фигуре 5.

Это обозначение может быть дополнено обозначением класса полировки в терминах микродефектов, согласно 5.2.2.



Фигура 5 – Обозначение полированной поверхности с < 3 микродефектами на 10 мм сканировании и $PSD \leq 10^{-6/12} (\mu\text{m}^3)$ между эталонными длинами 0,001 мм и 1 мм

5.3 Размещение

Острие символа текстуры должно находиться в контакте с линией, представляющей поверхность, или с соответствующей дополнительной линией (см. фигуры 1...5, как также примеры, приведенные в ISO 10110-1, приложение A).

Так же, если данные представляются в табличной форме, символ текстуры должен использоваться на соответствующем рисунке (см. ISO 10110-10:1996, фигуры 2 и 3).

Приложение А

(нормативное)

Характеристика текстуры зеркальных поверхностей в терминах микродефектов

Таблица А.1 определяет четыре класса полировки в терминах микродефектов.

Фундаментальное исследование микродефектов описывается в ссылке [4].

Таблица А.1

Обозначение класса полировки	Число N микродефектов на 10 мм эталонной длине
P1	$80 \leq N < 400$
P2	$16 \leq N < 80$
P3	$3 \leq N < 16$
P4	$N < 3$

Приложение В (информационное)

Связь между текстурой поверхности и характеристикой рассеяния структурной поверхности

Было показано, что существует аналитическое выражение, связывающее текстуру поверхности с угловым распределением света, рассеиваемого структурными поверхностями^{[3],[5]}. Поскольку рассеянный свет может серьезно ухудшить характеристики оптической системы, а измерение текстуры поверхности или шероховатости получается более удобным, чем проведение измерений рассеянного света, то полезно понять связь между шероховатостью поверхности и рассеиваемым светом.

Также было показано экспериментально, что большинство полированных поверхностей рассеивает свет по степенному закону^{[6]...[9]}. Подобным образом была получена теоретически^[10] связь между двухмерной удельной спектральной плотностью (PSD) шероховатости поверхности или текстуры и дифференциальным угловым рассеянием. Так же одномерная PSD, необработанные данные для которой могут быть получены с помощью одномерного профилометра, просто связана с двухмерной формой для изотропных поверхностей. Было показано, что одномерная PSD может быть выражена как

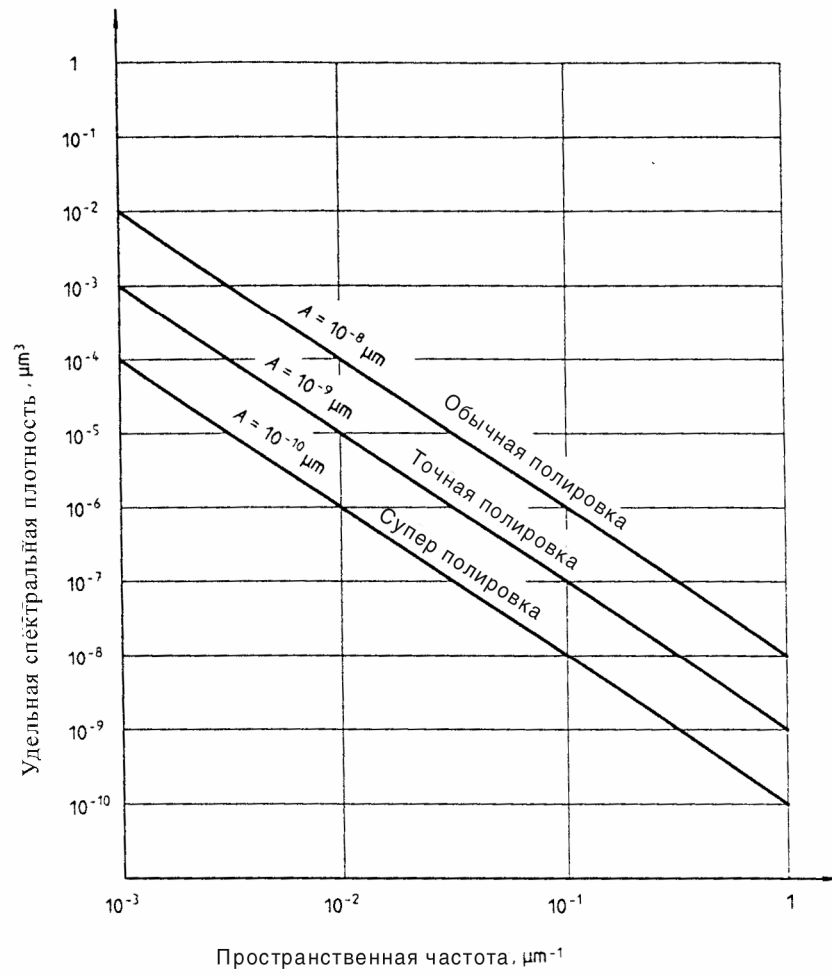
$$\text{PSD} = A/f^B$$

где

- | | |
|-----|--|
| A | постоянная, выражаемая в μm^{3-B} ; |
| f | пространственная частота шероховатости поверхности, в обратных микрометрах (μm^{-1}); |
| B | величина экспоненты (или степень), с которой PSD ослабевает с увеличением пространственной частоты. Для большинства "реальных" поверхностей, $1 < B < 3$. |

Это описание функции PSD справедливо для ряда пространственных частот, относящихся к эталонным длинам измерения. Минимальная пространственная частота равна $1/(1000D)$, где D является эталонной длиной, на которой производится замер образца. Максимальная пространственная частота равна $1/(1000C)$, где C является самым коротким поперечным элементом на поверхности, который может разрешить измерительный прибор (C и D выражаются в миллиметрах).

Фигура В.1 приводит примеры трех функций PSD для случая, в котором $B = 2$, и иллюстрирует, что текстура поверхности становится тем глаже, чем меньше делается A .



Фигура В.1 — Примеры трех функций PSD для $B = 2$

Приложение С (информационное)

Библиография

- [1] ISO 10110-7:1996, *Optics and optical instruments— Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 7: Surface imperfection tolerances.*
- [2] ISO 10110-1:1996, *Optics and optical instruments— Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 1: General.*
- [3] CHURCH E.L., JENKINSON H.A. and ZAVADA J.M. Relationship between surface scattering and microphotographic features. *Opt. Eng.*, **18**, 1979, pp. 125-36.
- [4] SCHORSCH H. Zur Oberflächenqualität von Glaspolituren und ihrer Beziehung zu den Bearbeitungszeichen nach DIN 3140, *Fachber. Oberfl. Tech.* **8**, 1970, pp. 151-158.
- [5] HARVEY J.E. Light scattering characteristics of optical surfaces. *Proc. SPIE*, **107**, 1977, p.41.
- [6] CROCE P. et PROD’HOMME L. Analyse des surfaces polies par distribution spatiale de la lumière diffusée. *Opt. Commun.*, **35**, 1980, pp. 20-24.
- [7] CROCE P. et PROD’HOMME L. Sur les conditions d’application de la diffusion optique à la caractérisation des surfaces rugueuses. *J.Opt.*, **15**, 1984, pp. 95-104.
- [8] CHURCH E.L. Fractal surface finish. *Appl. Opt.*, **27**, 1988, pp. 1518-26.
- [9] JANECZKO D. Power spectrum standard for surface roughness. *Proc. SPIE*, **1165**, 1989, p. 175.
- [10] STOVER J.C. *Optical Scattering: Measurement and Analysis*, McGraw-Hill, New York, 1990.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
СТАНДАРТ

ISO
10110 – 9

Первое издание
1996-03-15

**Оптика и оптические приборы –
Правила оформления чертежей оптических
элементов и систем –**

**Часть 9:
Поверхностная обработка и покрытия**

*Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical
elements and systems-*

Part 9: Surface treatment and coating

*Optique et instruments d'optique – Indications sur les dessins pour
elements et systemes optiques-*

Partie 9: Traitement de surface et revetement



Ссылочный но-
мер
ISO 10110-9: 1996
(E)

Предисловие

ISO (Международная организация по стандартизации) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (членов организации ISO). Работа по разработке Международных стандартов обычно выполняется техническими комитетами ISO. Каждый член организации, интересующийся темой, разработка которой поручена техническому комитету, имеет право сотрудничать в этом комитете. Международные организации, государственные и негосударственные, связанные с ISO, так же принимают участие в работе. ISO при всех разработках электротехнических стандартов, тесно сотрудничает с Международной Электротехнической Комиссией [International Electrotechnical Commission] (IEC).

Проекты Международных Стандартов, принимаемые техническими комитетами, предъявляются членам организации на согласование. Публикация в качестве Международного стандарта требует согласия по крайней мере 75% членов организации, обладающих правом голоса.

Международный стандарт 10110 – 9 был разработан Техническим Комитетом ISO/TC172, *Optics and optical instruments* (Оптика и оптические приборы), Подкомитетом SC1, *Fundamental standards* [Основные стандарты].

ISO 10110 состоит из следующих частей, под общим названием *Optics and optical instruments - Preparation of drawings for optical elements and systems* (Оптика и оптические приборы - Правила оформления чертежей оптических элементов и систем):

- *Part 1: General* [Часть 1: Общие положения]
- *Part 2: Material imperfections – Stress birefringence* [Часть 2: Дефекты материала – Двулучепреломление, вызываемое напряжением]
- *Part 3: Material imperfections – Bubbles and inclusions* [Часть 3: Дефекты материала – Пузыри и включения]
- *Part 4: Material imperfections – Inhomogeneity and striae* [Часть 4: Дефекты материала – Неоднородности и свили]
- *Part 5: Surface form tolerances* [Часть 5: Допуски на форму поверхности]
- *Part 6: Centering tolerances* [Часть 6: Допуски на центрировку]
- *Part 7: Surface imperfection tolerances* [Часть 7: Допуски на дефекты поверхности]
- *Part 8: Surface texture* [Часть 8: Текстура поверхности]
- *Part 9: Surface treatment and coating* [Часть 9: Поверхностная обработка и покрытия]

– *Part 10: Table representing data of a lens element [Часть 10: Табличная форма представления данных линзового элемента]*

– *Part 11: Non-toleranced data [Часть 11: Данные без допусков]*

– *Part 12: Aspheric surfaces [Часть 12: Асферические поверхности]*

– *Part 13: Laser irradiation damage threshold [Часть 13: Порог разрушения лазерным облучением]*

Приложение А этой части ISO 10110 служит только для информации

Оптика и оптические приборы — Правила оформления чертежей оптических элементов и систем —

Часть 9:

Поверхностная обработка и покрытия

1 Область использования

ISO 10110 оговаривает правила представления конструктивных и функциональных требований к оптическим элементам и системам на технических чертежах, используемых при производстве и контроле.

Эта часть ISO 10110 оговаривает правила обозначения обработки и покрытий, применяемых для функциональных и/или защитных целей к оптическим поверхностям.

2 Определения

Для целей этой части ISO 10110 применяются следующие определения.

2.1 функциональное покрытие: Тонкая пленка, осаждаемая для воздействия на коэффициент отражения поверхности, для разделения спектральных областей длин волн, и/или для создания определенной поляризации или других специальных целей.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Обычными типами функциональных покрытий являются отражающие, просветляющие, выделяющие длины волн и проводящие покрытия.

Подробная информация о покрытиях содержится в ISO 9211-1 ... ISO 9211-4.

2.2 защитная поверхностная обработка:

Окраска или защитное покрытие, применяемое к оптическим поверхностям, особенно задней поверхности зеркал, для предотвращения повреждений, возникающих при эксплуатации, воздействиях окружающей среды и по другим причинам.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. Поверхности могут также окрашиваться или покрываться в определенных областях в пределах их оптически действующих апертур для контроля паразитного света.

3 Общие положения

ISO 10110-1 предполагает, что все обозначения применяются, в основном, к конечной продукции. Следовательно, размеры, приводимые на чертежах, которые упоминают о

поверхностной обработке или покрытию, относятся к размерам после применения обработок или покрытий (см. Рисунок 5). Тем не менее, в определенных случаях, могут быть важны размеры детали до применения поверхностных обработок. В таких случаях должно быть точно обозначено на чертежах, что эти размеры относятся к необработанной детали.

4 Обозначение на чертежах

Поскольку требования к характеристикам покрытия обычно являются комплексными, то они описываются в отдельных технических документах, которые должны указываться на чертежах.

Если техническое требование является простым, то оно может быть приведено прямо на чертеже. В этом случае должны быть использованы следующие символы:

τ (греческая буква тау) для коэффициента пропускания лучистого потока;

ρ (греческая буква ро) для коэффициента отражения лучистого потока;

α (греческая буква альфа) для коэффициента поглощения лучистого потока.

Длины волн приводятся в нанометрах.

Если эталонная длина волны не указана, то должна применяться длина волны зеленой линии "e" ртути ($\lambda = 546,07 \text{ nm}$), в соответствии с ISO 7944.

4.1 Обозначение функциональных покрытий

Функциональные покрытия должны обозначаться кружком, содержащим греческую букву лямбда (λ); этот кружок должен быть расположен с наружной стороны элемента и касаться покрываемой поверхности или касаться продленной линии (см. Рисунок 2), если необходимо. Исключениями являются элементы, в которых покрытие защищается защитным слоем; в этом случае символ покрытия должен быть размещен с внутренней стороны оптического элемента (см. Рисунок 6).

Если на чертежах сборочных узлов покрытие указывается на поверхности, объединяющей два элемента, то этого не достаточно для точного определения, которая из соединяемых поверхностей предназначена для нанесения покрытия. Если требуется, эта информация может быть приведена в примечании к чертежу или на чертеже отдельного элемента с соответствующей стороны.

Символ покрытия должен иметь выносную линию к прямоугольнику, содержащему ссылки на технические условия или технические требования. Примеры приведены на Рисунках 1...4, и на фигуре 6.

Назначение покрытия должно предпочтительно указываться в прямоугольнике. Если не записано иное, то технические требования должны относиться только к указываемой поверхности. В случае функциональных покрытий на поверхностях, которые склеиваются, должно быть указано, применяются ли технические условия перед или после операции склейки (см. Рисунок 2).

Если не указано иное, то покрытие должно простираться, по крайней мере, на оптически действующую поверхность. Если необходимо, должны быть указаны допустимые размеры области нанесения покрытия. В случаях, при которых разные области одной и той же поверхности должны иметь разные покрытия, области должны быть указаны путем нанесения размеров (см. Рисунок 4).

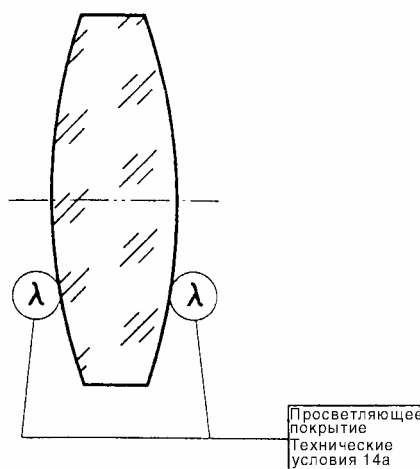


Рисунок 1 — Пример обозначения функционального покрытия, относящегося к отдельной детали

Для линзового элемента данные могут быть приведены в табличной форме (см. ISO 10110-10). Если технические требования на покрытие являются слишком длинными для включения в соответствующем поле таблицы, то они должны быть приведены на поле чертежа в прямоугольнике, как указывалось выше.

4.2 Обозначение защитных обработок

Защитные обработки должны быть указаны в виде толстой “цепной” линии (линия типа J, ISO 128), примыкающей к поверхности. Длина этой линии обозначает область, подвергающуюся обработке. Если необходимо, должны быть приведены для этой области размеры.

Технические требования поверхностной обработки должны быть даны в прямоугольнике, который связывается с толстой “цепной” линией выносной линией. Примеры приводятся на Рисунках 5 и 6.

5 Пятна функциональных покрытий

ISO 10110-7:1996, подпункт 4.1.1.1 определяет обозначение допустимого уровня пятен покрытия, который приводится кроме того в ISO 9211-4.

6 Примеры

Примеры функционального покрытия и защитной поверхностной обработки приводятся на Рисунках от 1 до 6.

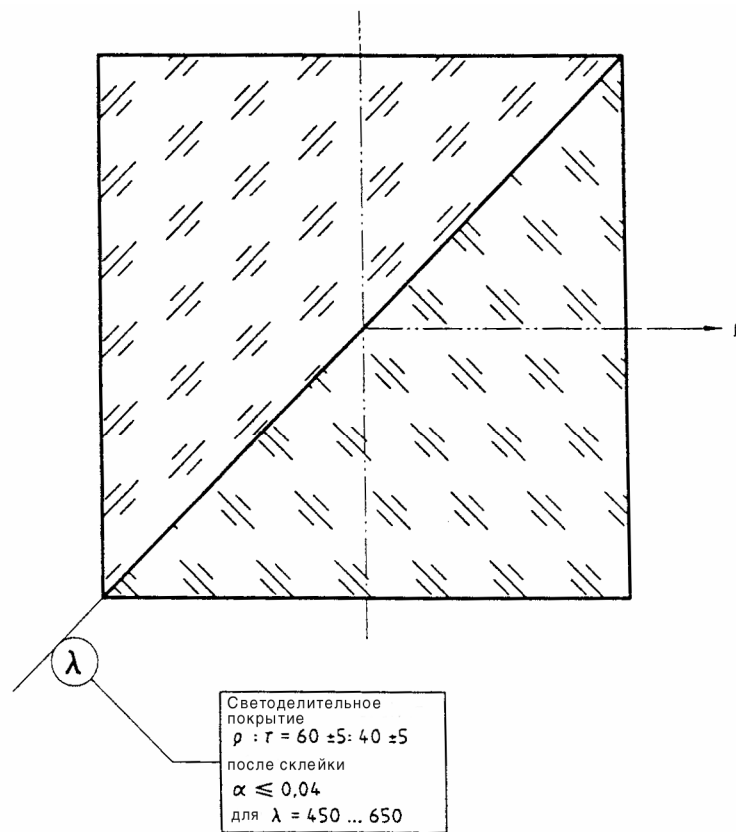


Рисунок 2 — Пример обозначения функционального покрытия с указанием оптических характеристик

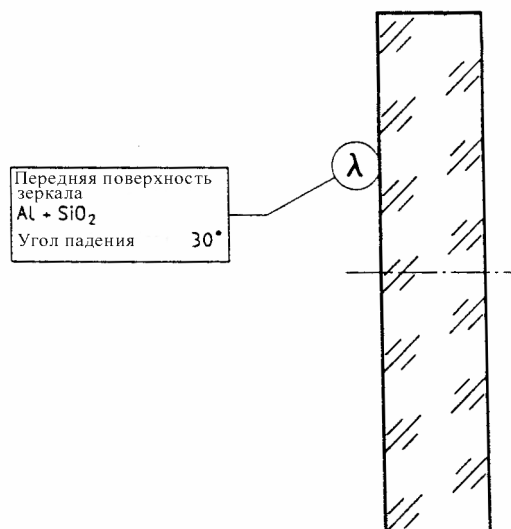


Рисунок 3 — Пример обозначения функционального покрытия с указанием материала

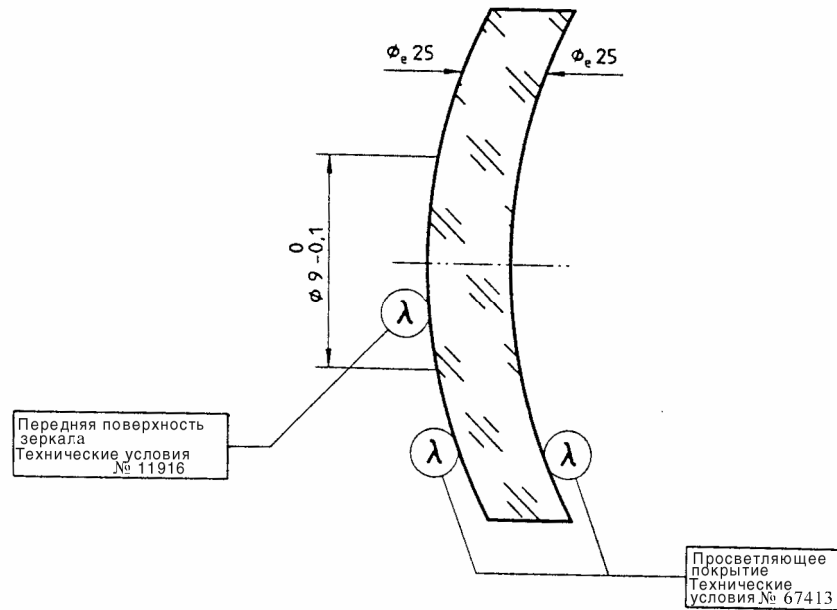


Рисунок 4 — Пример обозначения функционального покрытия, демонстрирующего два разных покрытия на одной и той же поверхности

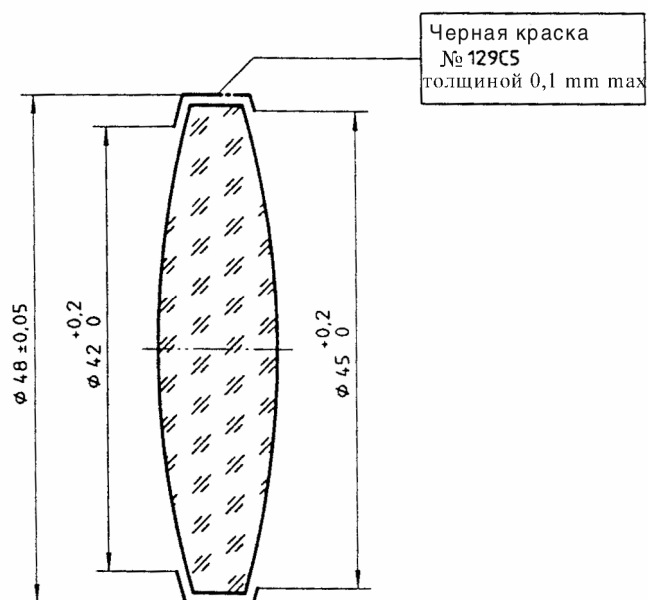


Рисунок 5 — Пример обозначения защитной поверхностной обработки (наружный диаметр $48 \pm 0,05$ относится к детали после покраски)

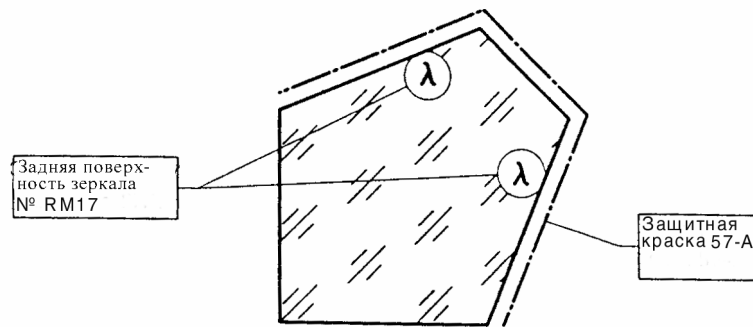


Рисунок 6 — Пример обозначения защитной поверхностной обработки, скомбинированной с функциональным покрытием

Приложение А (информационное)

Библиография

- [1] ISO 128:1982, *Technical drawings – General principles of presentation*.
- [2] ISO 7944:1984, *Optics and optical instruments – Reference wavelengths*.
- [3] ISO 9211-1:1994, *Optics and optical instruments – Optical coating – Part 1: Definitions*.
- [4] ISO 9211-2:1994, *Optics and optical instruments – Optical coating – Part 2: Optical properties*.
- [5] ISO 9211-3:1994, *Optics and optical instruments – Optical coating – Part 3: Environmental durability*.
- [6] ISO 9211-4:1996, *Optics and optical instruments – Optical coating – Part 4: Specific test methods*.
- [7] ISO 10110-1:1996, *Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 1: General*.
- [8] ISO 10110-7:1996, *Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 7: Surface imperfection tolerances*.
- [9] ISO 10110-10:1996, *Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 10: Table representing data of a lens element*.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
СТАНДАРТ

ISO
10110 – 10

Первое издание
1996-03-15

**Оптика и оптические приборы –
Правила оформления чертежей оптических
элементов и систем –**

**Часть 10:
Табличная форма представления данных
линзового элемента**

*Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical
elements and systems-*

Part 10: Table representing data of a lens element

*Optique et instruments d'optique – Indications sur les dessins pour
elements et systemes optiques-*

Partie 10: Tableau representant les donnees d'une lentille



Предисловие

ISO (Международная организация по стандартизации) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (членов организации ISO). Работа по разработке Международных стандартов обычно выполняется техническими комитетами ISO. Каждый член организации, интересующийся темой, разработка которой поручена техническому комитету, имеет право сотрудничать в этом комитете. Международные организации, государственные и негосударственные, связанные с ISO, так же принимают участие в работе. ISO при всех разработках электротехнических стандартов, тесно сотрудничает с Международной Электротехнической Комиссией [International Electrotechnical Commission] (IEC).

Проекты Международных Стандартов, принимаемые техническими комитетами, предъявляются членам организации на согласование. Публикация в качестве Международного стандарта требует согласия по крайней мере 75% членов организации, обладающих правом голоса.

Международный стандарт 10110 – 10 был разработан Техническим Комитетом ISO/TC172, *Optics and optical instruments* (Оптика и оптические приборы), Подкомитетом SC1, *Fundamental standards* [Основные стандарты].

ISO 10110 состоит из следующих частей, под общим названием *Optics and optical instruments - Preparation of drawings for optical elements and systems* (Оптика и оптические приборы - Правила оформления чертежей оптических элементов и систем):

- *Part 1: General* [Часть 1: Общие положения]
- *Part 2: Material imperfections – Stress birefringence* [Часть 2: Дефекты материала – Двулучепреломление, вызываемое напряжением]
- *Part 3: Material imperfections – Bubbles and inclusions* [Часть 3: Дефекты материала – Пузыри и включения]
- *Part 4: Material imperfections – Inhomogeneity and striae* [Часть 4: Дефекты материала – Неоднородности и свили]
- *Part 5: Surface form tolerances* [Часть 5: Допуски на форму поверхности]
- *Part 6: Centering tolerances* [Часть 6: Допуски на центрировку]
- *Part 7: Surface imperfection tolerances* [Часть 7: Допуски на дефекты поверхности]
- *Part 8: Surface texture* [Часть 8: Текстура поверхности]
- *Part 9: Surface treatment and coating* [Часть 9: Поверхностная обработка и покрытия]

– *Part 10: Table representing data of a lens element [Часть 10: Табличная форма представления данных линзового элемента]*

– *Part 11: Non-toleranced data [Часть 11: Данные без допусков]*

– *Part 12: Aspheric surfaces [Часть 12: Асферические поверхности]*

– *Part 13: Laser irradiation damage threshold [Часть 13: Порог разрушения лазерным облучением]*

Приложение А этой части ISO 10110 предназначено только для информации.

Оптика и оптические приборы – Правила оформления чертежей оптических элементов и систем –

Часть 10:

Табличная форма представления данных линзового элемента

1 Область использования

ISO 10110 оговаривает правила представления конструктивных и функциональных требований к оптическим элементам и системам на технических чертежах, используемых при производстве и контроле.

Эта часть ISO 10110 оговаривает форму обозначения размеров, допустимых отклонений и дефектов материала линзового элемента в табличной форме.

2 Форма

Чертеж должен быть подразделен на три поля (см. Рисунок 1).

2.1 Поле рисунка

В этом поле должен быть представлен схематический рисунок линзового элемента, вместе со всей информацией, не приводимой в поле таблицы. Нет необходимости, чтобы рисунок был верен по масштабу; если указывается масштаб рисунка, то рисунок должен быть точен по масштабу техническому чертежу.

Заметим, что базовая ось для центрировки и характеристики текстуры поверхности (см. ISO 10110-6 и ISO 10110-8) указываются на рисунке.

2.2 Табличное поле

Это поле содержит размеры, допуски и допустимые дефекты материала линзового элемента. Оно подразделяется на три подполя.

Левое подполе относится к левой поверхности линзового элемента.

Центральное поле относится к характеристикам материала.

Правое подполе относится к правой поверхности линзового элемента.

Таблица 1 подробно описывает характеристики, которые могут быть указаны.

2.3 Заглавное поле

Это поле предусмотрено для общих обозначений, таких как название, тип и/или ссылочный номер линзового элемента, номер детали и масштаб (если любой) рисунка и ссылку на ISO 10110.

3 Данные без допусков

Все характеристики, которые точно не определены ни в поле рисунка, ни в табличном поле, охватываются ISO 10110-11.

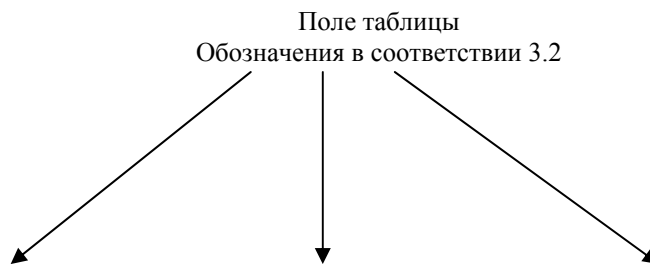
4 Примеры

Рисунки 2 и 3 приводят примеры табличного указания данных линзовых элементов.

Таблица 1 – Характеристики, вносимые в список

Пункты	Описание
Материал	Марка, название, опознавательный номер материала
n v	Если подходит, показатель преломления и число Аббе (и допуски) в соответствии с ISO 7944
R	<p>Радиус кривизны с допуском, если требуется.</p> <p>Направление кривизны должно быть указано следующим образом:</p> <p>выпуклая поверхность: CX</p> <p>вогнутая поверхность: CC</p>
Ø _e	Оптически действующий диаметр
Защитная фаска	Минимально и максимально допустимая ширина защитной фаски
ⓐ	Поверхностная обработка и покрытие в соответствии с ISO 10110-9
0/	Допуск на двулучепреломление, вызываемое напряжением, в соответствии с ISO 10110-2
1/	Обозначение допустимых пузырей и других включений в соответствии с ISO 10110-3
2/	Классы неоднородности и свилей в соответствии с ISO 10110-4
3/	Допуск на форму поверхности в соответствии с ISO 10110-5
4/	Допуск на центрировку в соответствии с ISO 10110-6
5/	Допуск на дефекты поверхности в соответствии с ISO 10110-7
6/	Обозначение порога разрушения лазерным облучением в соответствии с ISO 10110-13
	Если необходимо, должны быть добавлены слова «склеивается» [To be cemented]

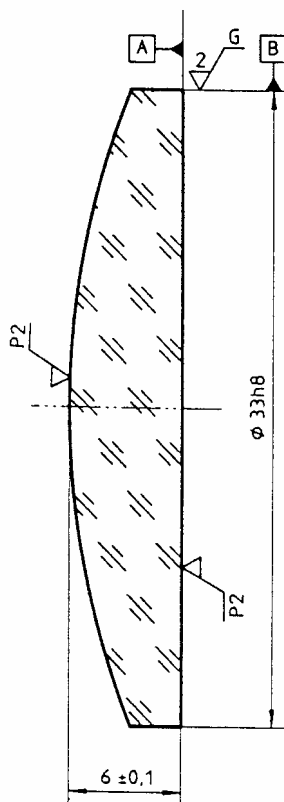
Поле рисунка
 Обозначения в соответствии с 3.1



Левая поверхность	Характеристика материала	Правая поверхность
R \varnothing_e Защитная фаска $\textcircled{\lambda}$ 3/ 4/ 5/ 6/* Склеивается*	n v 0/ 1/ 2/	R \varnothing_e Защитная фаска $\textcircled{\lambda}$ 3/ 4/ 5/ 6/* Склеивается*
Обозначения в соответствии с ISO 10110		Заглавное поле Обозначения в соответствии с 3.3

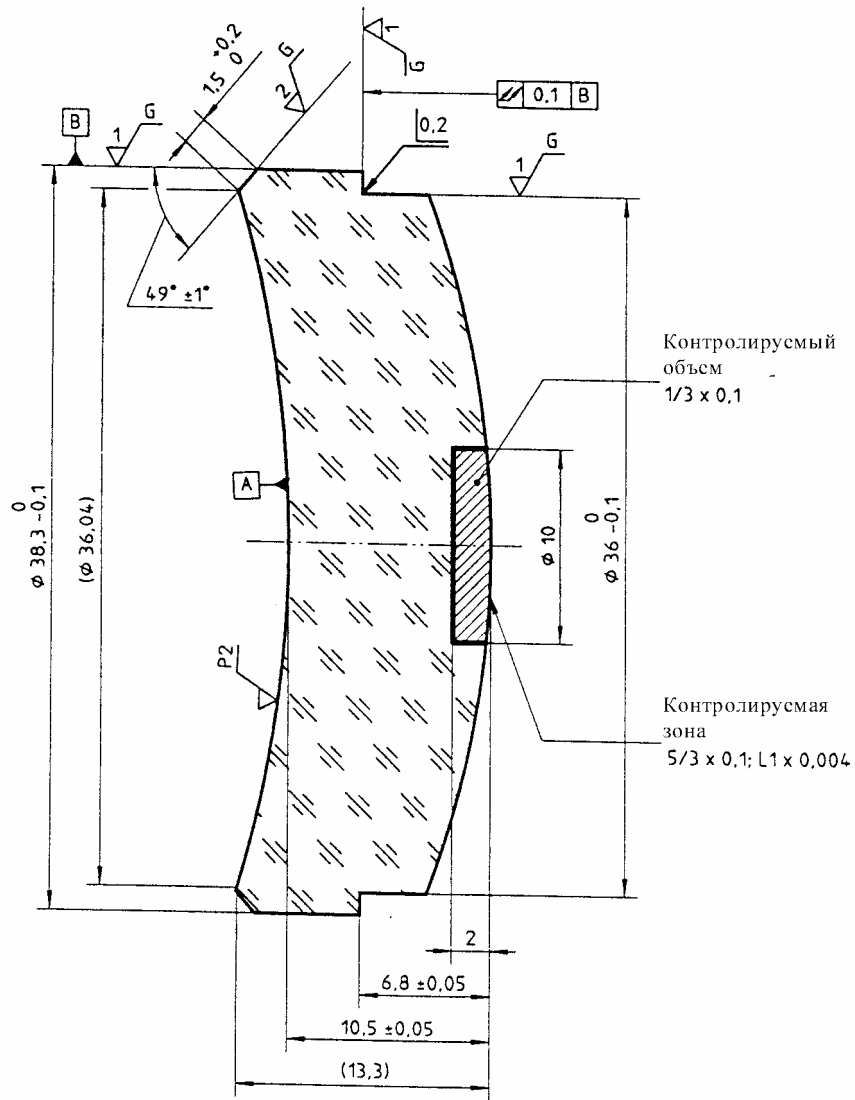
* (если требуется)

Рисунок 1 – Табличное указание данных линзового элемента



Левая поверхность	Характеристика	Правая поверхность
$R 37,449 CX$ $\text{Ø}_e 30,5$ Защитная фаска 0,4 – 0,6 $\text{AR } 209.1060$ 3/ 5(1) 4/ 1,4' 5/ 5 x 0,1; C 5 x 0,16; L 3 x 0,004; E 0,4 6/ * 6 KWcm ⁻² ; 1 060 nm; 10	Ноуа LaC9 или Schott LaK9 $n (1\ 060\ \text{nm}) 1,675\ 9 \pm 0,001$ v — 0/ 20 1/ 5 x 0,1 2/ 1; 2	$R \infty$ $\text{Ø}_e 29$ Защитная фаска 0,4 – 0,6 $\text{AR } 209.1060$ 3/ 5(1) 4/ — 5/ 5 x 0,1; C 5 x 0,16; L 3 x 0,004; E 0,4 6/ * 6 KWcm ⁻² ; 1 060 nm; 10
Обозначения в соответствии с ISO 10110		Линза 114.379

Рисунок 2 – Пример табличного указания данных линзового элемента



Левая поверхность	Характеристика материала	Правая поверхность
R 60,43 CC $\varnothing_e 35$ Защитная фаска 0,2 – 0,4 λ AR 207 b 3/ 2(0,5) 4/ – 5/ 5 x 0,16; L 2 x 0,04; E 0,5	BK7 $n_e 1,518 72 \pm 0,001$ $v_e 63,96 \pm 0,8 \%$ 0/ 10 1/ 5 x 0,16 2/ 1; 2	R 50,17 CX $\varnothing_e 34$ Защитная фаска 0,2 – 0,4 λ — 3/ 3(1) 4/ 2' 5/ 5 x 0,16; L 2 x 0,04; E 0,5 Склеивается*
Обозначения в соответствии с ISO 10110		Линза 124.736

Рисунок 3 – Пример табличного указания данных линзового элемента

Приложение А (информационное)

Библиография

- [1] ISO 10110-6:1996, *Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 6: Centring tolerances.*
- [2] ISO 10110-8:1997, *Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 8: Surface texture.*
- [3] ISO 10110-11:1996, *Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 11: Non-toleranced data.*

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
СТАНДАРТ

ISO
10110 – 11

Первое издание
1996-03-15

**Оптика и оптические приборы –
Правила оформления чертежей оптических
элементов и систем –**

**Часть 11:
Данные без допусков**

*Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical
elements and systems-*

Part 11: Non-toleranced data

*Optique et instruments d'optique – Indications sur les dessins pour
elements et systemes optiques-*

Partie 11: Donnees non tolancees



Ссылочный номер
ISO 10110-11: 1996
(E)

Предисловие

ISO (Международная организация по стандартизации) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (членов организации ISO). Работа по разработке Международных стандартов обычно выполняется техническими комитетами ISO. Каждый член организации, интересующийся темой, разработка которой поручена техническому комитету, имеет право сотрудничать в этом комитете. Международные организации, государственные и негосударственные, связанные с ISO, так же принимают участие в работе. ISO при всех разработках электротехнических стандартов, тесно сотрудничает с Международной Электротехнической Комиссией [International Electrotechnical Commission] (IEC).

Проекты Международных Стандартов, принимаемые техническими комитетами, предъявляются членам организации на согласование. Публикация в качестве Международного стандарта требует согласия по крайней мере 75% членов организации, обладающих правом голоса.

Международный стандарт 10110 – 11 был разработан Техническим Комитетом ISO/TC172, *Optics and optical instruments* (Оптика и оптические приборы), Подкомитетом SC1, *Fundamental standards* [Основные стандарты].

ISO 10110 состоит из следующих частей, под общим названием *Optics and optical instruments - Preparation of drawings for optical elements and systems* (Оптика и оптические приборы - Правила оформления чертежей оптических элементов и систем):

- *Part 1: General* [Часть 1: Общие положения]
- *Part 2: Material imperfections – Stress birefringence* [Часть 2: Дефекты материала – Двулучепреломление, вызываемое напряжением]
- *Part 3: Material imperfections – Bubbles and inclusions* [Часть 3: Дефекты материала – Пузыри и включения]
- *Part 4: Material imperfections – Inhomogeneity and striae* [Часть 4: Дефекты материала – Неоднородности и свили]
- *Part 5: Surface form tolerances* [Часть 5: Допуски на форму поверхности]
- *Part 6: Centering tolerances* [Часть 6: Допуски на центрировку]
- *Part 7: Surface imperfection tolerances* [Часть 7: Допуски на дефекты поверхности]
- *Part 8: Surface texture* [Часть 8: Текстура поверхности]
- *Part 9: Surface treatment and coating* [Часть 9: Поверхностная обработка и покрытия]

– *Part 10: Table representing data of a lens element [Часть 10: Табличная форма представления данных линзового элемента]*

– *Part 11: Non-toleranced data [Часть 11: Данные без допусков]*

– *Part 12: Aspheric surfaces [Часть 12: Асферические поверхности]*

– *Part 13: Laser irradiation damage threshold [Часть 13: Порог разрушения лазерным облучением]*

Оптика и оптические приборы — Правила оформления чертежей оптических элементов и систем —

Часть 11:

Данные без допусков

1 Область использования

ISO 10110 оговаривает правила представления конструктивных и функциональных требований к оптическим элементам и системам в технических чертежах, используемых при производстве и контроле.

Эта часть ISO 10110 оговаривает допустимые отклонения и дефекты материала, когда они не указаны определенно.

2 Ссылки на нормативные документы

Приводимые ниже стандарты содержат положения, которые, из-за ссылки на них в этом тексте, составляют положения этой части ISO 10110. На период публикации указываемые издания были действующими. Все стандарты подвергаются пересмотру и части, требующие согласования, заложенные в основу в этой части ISO 10110, подтверждаются исследованием возможности применения наиболее современных изданий стандартов, приводимых ниже. Члены ИЕС и ISO ведут журналы учета находящихся в обращении в настоящее время Международных стандартов.

ISO 10110-2:1996, *Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 2: Material imperfections – Stress Birefringence*. [Оптика и оптические приборы— Правила оформления чертежей оптических элементов и систем —Часть 2: Дефекты материала – Двулучепреломление, вызываемое напряжением]

ISO 10110-3:1996, *Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 3: Material imperfections – Bubbles and inclusions*. [Оптика и оптические приборы— Правила оформления чертежей оптических элементов и систем — Часть 3: Дефекты материала – Пузыри и включения].

ISO 10110-4:1997, *Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 4: Material imperfections – Inhomogeneity and striae*. [Оптика и оптические приборы— Правила оформления чертежей оптических элементов и систем —Часть 4: Дефекты материала – Неоднородности и свибли].

ISO 10110-5:1996, *Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 5: Surface form tolerances*. [Оптика и оптические приборы— Правила оформления чертежей оптических элементов и систем —Часть 5: Допуски на форму поверхности].

ISO 10110-6:1996, *Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 6: Centering tolerances*. [Оптика и оптические приборы— Правила оформления чертежей оптических элементов и систем —Часть 6: Допуски на центрировку].

ISO 10110-7:1996, *Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical elements and systems –Part 7: Surface imperfection tolerances*. [Оптика и оптические приборы— Правила оформления чертежей оптических элементов и систем —Часть 7: Допуски на дефекты поверхности].

ISO 10110-8:1997, *Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical elements and systems –Part 8: Surface texture*. [Оптика и оптические приборы— Правила оформления чертежей оптических элементов и систем —Часть 8: Текстура поверхности].

ISO 10110-13:—¹⁾, *Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical elements and systems — Part13: Laser irradiation damage threshold*. [Оптика и оптические приборы — Правила оформления чертежей оптических элементов и систем Часть 13: Порог разрушения лазерным излучением].

3 Допустимые отклонения и дефекты материала

Окончательные функциональные характеристики оптического элемента, размеры и допуски, как также и характеристики материала, должны быть указаны на оптических чертежах.

Допустимые отклонения и допуски на дефекты материала, которые применяются, когда такие данные точно не оговорены, приведены в таблице 1.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 В случаях, при которых величины, приводимые в таблице 1, являются

приемлемыми, чертеж может быть упрощен благодаря пропуску этих указаний.

Эти допуски не обозначают абсолютные пределы. Могут быть использованы даже более широкие допуски; однако они тогда должны быть указаны на чертеже.

Если чертеж оптической детали не содержит указаний о данных, упоминаемых в различных частях ISO 10110, то следует применять величины таблицы 1.

Таблица 1 — Допустимые отклонения и дефекты материала в случае отсутствия точных указаний

Характеристика	Область максимальных (диагональных) размеров детали, mm			
	до 10	свыше 10 до 30	свыше 30 до 100	свыше 100 до 300
Длина стороны, диаметр (мм)	± 0,2	± 0,5	± 1	± 1,5
Толщина (мм)	± 0,1	± 0,2	± 0,4	± 0,8
Отклонение углов призм и пластин	± 0° 30′	± 0° 30′	± 0° 30′	± 0° 30′
Ширина защитной фаски (мм)	от 0,1 до 0,3	от 0,2 до 0,5	от 0,3 до 0,8	от 0,5 до 1,6
Двулучепреломление, вызываемое напряжением, в соответствии с ISO 10110-2 (nm/cm)	0/20	0/20	—	—
Пузыри и включения в соответствии с ISO 10110-3	1/3 x 0,16	1/5 x 0,25	1/5 x 0,4	1/5 x 0,63
Неоднородности и свили в соответствии с ISO 10110-4	2/1; 1	2/1; 1	—	—
Допуски на форму поверхности в соответствии с ISO 10110-5	3/5(1)	3/10(2)	3/10(2) (все Ø 30)	3/10(2) (все Ø 60)
Допуски на центрировку в соответствии с ISO 10110-6	4/30′	4/20′	4/10′	4/10′
Допуски на дефекты поверхности в соответствии с ISO 10110-7	5/3 x 0,16	5/5 x 0,25	5/5 x 0,4	5/5 x 0,63
Пояснение				
—: Не установлено				
ПРИМЕЧАНИЯ				
1. Характеристики текстуры поверхности оптического элемента (см. ISO 10110-8) должны всегда приводиться на чертежах; следовательно, подробное обозначение текстуры поверхности в этой части ISO 10110 не приводится.				
2. Эта часть ISO 10110 не предусматривает подробных характеристик по порогу разрушения лазерным излучением (см. ISO 10110-13).				

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
СТАНДАРТ

ISO
10110 – 12

Первое издание
1997-08-15

**Оптика и оптические приборы –
Правила оформления чертежей оптических
элементов и систем –**

**Часть 12:
Асферические поверхности**

*Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical
elements and systems-*

Part 12: Aspheric surfaces

*Optique et instruments d'optique – Indications sur les dessins pour
elements et systemes optiques-*

Partie 12: Surfaces aspheriques



Ссылочный номер
ISO 10110-12: 1997
(E)

Предисловие

ISO (Международная организация по стандартизации) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (членов организации ISO). Работа по разработке Международных стандартов обычно выполняется техническими комитетами ISO. Каждый член организации, интересующийся темой, разработка которой поручена техническому комитету, имеет право сотрудничать в этом комитете. Международные организации, государственные и негосударственные, связанные с ISO, так же принимают участие в работе. ISO при всех разработках электротехнических стандартов, тесно сотрудничает с Международной Электротехнической Комиссией [International Electrotechnical Commission] (IEC).

Проекты Международных Стандартов, принимаемые техническими комитетами, предъявляются членам организации на согласование. Публикация в качестве Международного стандарта требует согласия по крайней мере 75% членов организации, обладающих правом голоса.

Международный стандарт 10110 – 12 был разработан Техническим Комитетом ISO/TC172, *Optics and optical instruments* (Оптика и оптические приборы), Подкомитетом SC1, *Fundamental standards* [Основные стандарты].

ISO 10110 состоит из следующих частей, под общим названием *Optics and optical instruments - Preparation of drawings for optical elements and systems* (Оптика и оптические приборы - Правила оформления чертежей оптических элементов и систем):

- *Part 1: General* [Часть 1: Общие положения]
- *Part 2: Material imperfections – Stress birefringence* [Часть 2: Дефекты материала – Двулучепреломление, вызываемое напряжением]
- *Part 3: Material imperfections – Bubbles and inclusions* [Часть 3: Дефекты материала – Пузыри и включения]
- *Part 4: Material imperfections – Inhomogeneity and striae* [Часть 4: Дефекты материала – Неоднородности и свили]
- *Part 5: Surface form tolerances* [Часть 5: Допуски на форму поверхности]
- *Part 6: Centering tolerances* [Часть 6: Допуски на центрировку]
- *Part 7: Surface imperfection tolerances* [Часть 7: Допуски на дефекты поверхности]
- *Part 8: Surface texture* [Часть 8: Текстура поверхности]

– *Part 9: Surface treatment and coating* [Часть 9: Поверхностная обработка и покрытия]

– *Part 10: Table representing data of a lens element* [Часть 10: Табличная форма представления данных линзового элемента]

– *Part 11: Non-toleranced data* [Часть 11: Данные без допусков]

– *Part 12: Aspheric surfaces* [Часть 12: Асферические поверхности]

– *Part 13: Laser irradiation damage threshold* [Часть 13: Порог разрушения лазерным облучением]

Приложение А образует окончательную часть этой части ISO 10110.

Оптика и оптические приборы — Правила оформления чертежей оптических элементов и систем —

Часть 12:

Асферические поверхности

1 Область использования

ISO 10110 оговаривает правила представления конструктивных и функциональных требований для оптических элементов на технических чертежах, используемых для изготовления и контроля.

Эта часть ISO 10110 оговаривает правила представления, образмеривания и назначения допусков на оптически действующие поверхности асферической формы.

Эта часть ISO 10110 не должна применяться к поверхностям с разрывами, таким как поверхности Френеля и решетки.

Эта часть ISO 10110 не определяет точно метод, в соответствии с которым испытываются характеристики.

2 Ссылки на нормативные документы

Приводимые ниже стандарты содержат положения, которые, из-за ссылки на них в этом тексте, составляют положения этой части ISO 10110. На период публикации указываемые издания были действующими. Все стандарты подвергаются пересмотру и части, требующие согласования, заложенные в основу в этой части ISO 10110, подтверждаются исследованием возможности применения наиболее современных изданий стандартов, приводимых ниже. Члены ИЕС и ISO ведут журналы учета находящихся в обращении в настоящее время Международных стандартов.

ISO 1101:—¹⁾, *Technical drawings — Geometrical tolerancing — Tolerancing of form, orientation, location and run-out — Generalities, definitions, indications on drawings*. [Технические чертежи — Правила указания геометрических допусков — Правила указания допусков на форму, ориентацию, расположение и эксцентриситет — Общие положения, определения, символы, обозначения на чертежах].

ISO 10110-1:1996, *Optics and optical instruments — Preparation of drawings for optical elements and systems — Part 1: General*. [Оптика и оптические приборы — Правила оформления чертежей оптических элементов и систем — Часть 1: Общие положения].

ISO 10110-5:1996, *Optics and optical instruments — Preparation of drawings for optical elements and systems — Part 5: Surface form tolerances*. [Оптика и оптические приборы — Правила оформления чертежей оптических элементов и систем — Часть 5: Допуски на форму поверхности].

ISO 10110-6:1996, *Optics and optical instruments — Preparation of drawings for optical elements and systems — Part 6: Centering tolerances*. [Оптика и оптические приборы — Правила оформления чертежей оптических элементов и систем — Часть 6: Допуски на центрировку].

1) Публикуется. (Пересмотр ISO 1101:1983)

ISO 10110-7:1996, *Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 7: Surface imperfection tolerances*. [Оптика и оптические приборы— Правила оформления чертежей оптических элементов и систем — Часть 7: Допуски на дефекты поверхности].

ISO 10110-8:1997, *Optics and optical instruments – Preparation of drawings for optical elements and systems – Part 8: Surface texture*. [Оптика и оптические приборы— Правила оформления чертежей оптических элементов и систем — Часть 8: Текстура поверхности].

3 Математическое описание асферических поверхностей

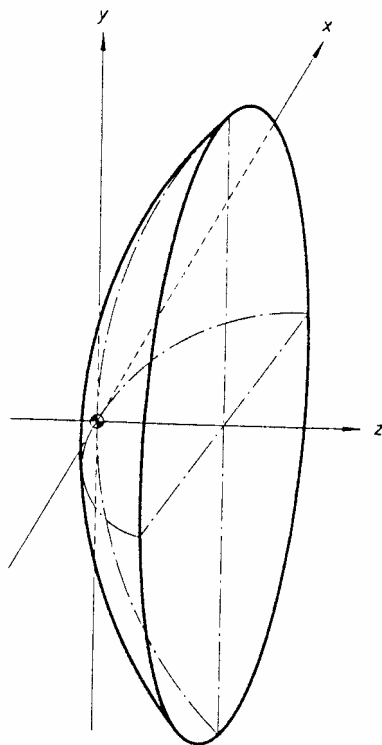
3.1 Общие положения

Асферические поверхности описываются в правосторонней ортогональной системе координат, в которой ось z является оптической осью.

Если не указывается другое, то ось z находится в плоскости чертежа и проходит слева направо; если рисуется только одно сечение, то ось y находится в плоскости чертежа и ориентирована вверх.

Если рисуются два поперечных сечения, то поперечное сечение xz должно находиться ниже поперечного сечения yz (см. фигуру 5). Для ясности могут быть показаны на рисунке оси x и y .

Начало системы координат находится в вершине асферической поверхности (фигура 1).



Фигура 1 – Система координат

Поверхности, удовлетворяющие уравнению

$$z = f(x^2 + y^2)$$

особенно важны; они обладают симметрией вращения вокруг оси z .

Особенно важны два типа поверхностей, из-за их частого применения в прикладной оптике:

- обычные поверхности второго порядка, и
- теоретические поверхности.

3.2 Специальные типы поверхностей

3.2.1 Обычные поверхности второго порядка

В системе координат, приведенной в 3.1, уравнение поверхностей второго порядка, которые попадают в сферу действия этой части ISO 10110, имеет вид

$$z = f(x, y) = c \frac{\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2}}{1 + \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2}}} \quad \dots (1)$$

где

a и b представляют постоянные (возможно мнимые), с a^2 и b^2 действительными);

c представляет действительную постоянную.

С подстановками

$$\frac{a^2}{c} = R_x \quad (\text{радиус кривизны в плоскости } xz \text{ для } z = 0),$$

$$\frac{b^2}{c} = R_y \quad (\text{радиус кривизны в плоскости } yz \text{ для } z = 0),$$

$$k_x = \frac{a^2}{c^2} - 1$$

$$k_y = \frac{b^2}{c^2} - 1$$

где k_x , k_y представляют конические постоянные,

уравнение (1) приобретает вид

$$z = f(x, y) = \frac{\frac{x^2}{R_x} + \frac{y^2}{R_y}}{1 + \sqrt{1 - (1 + k_x) \left(\frac{x}{R_x}\right)^2 - (1 + k_y) \left(\frac{y}{R_y}\right)^2}} \quad \dots (2)$$

Если поверхность, соответствующая уравнению (2), пересекается с плоскостью $x = 0$ (или $y = 0$), то тогда, в зависимости от величины k_y (или k_x), создаются линии пересечения следующих типов:

- $k > 0$ сплюснутый эллипс;
- $k = 0$ круг;
- $-1 < k < 0$ вытянутый эллипс;
- $k = -1$ парабола;
- $k < -1$ гипербола.

Должны быть упомянуты следующие специальные случаи уравнения (2)

а) $R = R_x = R_y$, $k = k_x = k_y$ и $h^2 = x^2 + y^2$ дают

$$z = f(h) = \frac{h^2}{R + \sqrt{R^2 - (1+k)h^2}} \quad \dots (3)$$

Уравнение (3) описывает поверхность, обладающую симметрией вращения вокруг оси z .

в) $z = f(u) = \frac{u^2}{R_u + \sqrt{R_u^2 - (1+k_u)u^2}} \quad \dots (4)$

Это уравнение описывает цилиндр (не обязательно круглого поперечного сечения), ось которого для $u = x$ перпендикулярна плоскости xz , и ось которого для $u = y$ перпендикулярна плоскости yz .

с) $z = f(x, y) = c \sqrt{\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2}} \quad \dots (5)$

Это уравнение описывает конус со своей вершиной в начале системы координат с эллиптическим поперечным сечением (если $a \neq b$) или с круглым поперечным сечением (если $a = b$).

Если необходимо, уравнение (2) может быть модифицировано путем добавления степенных рядов (см. приложение А). Тогда уравнение поверхности становится полным:

$$z = f(x, y) + f_1(x, y) \quad \dots (6)$$

где $f(x, y)$ представляет основную форму, соответствующую уравнению (2).

ПРИМЕЧАНИЕ — Должны заботиться о том, чтобы знаки коэффициентов в $f_1(x, y)$ находились в соответствии с правилами, определяемыми на фигуре 1.

3.2.2 Торические поверхности

Торическая поверхность образуется вращением определенной кривой, расположенной в плоскости, вокруг оси, которая лежит в той же самой плоскости. Уравнение торической поверхности, имеющей свою определяющую кривую $z = g(x)$ в плоскости xz и свою ось вращения, параллельную оси x , имеет вид

$$f(x, y) = R_y + \sqrt{[R_y - g(x)]^2 - y^2}$$

где R_y является координатой z , на которой ось вращения пересекает ось z .

Для целей этой части ISO 10110 $g(x)$ получается из уравнения (2) путем подстановки $y = 0$.

$$g(x) = \frac{x^2}{R_x + \sqrt{R_x^2 - (1 + k_x)x^2}} \quad \dots (8)$$

Уравнение торической поверхности, имеющей свою определяющую кривую в плоскости yz и свою ось вращения, параллельную оси y , может быть получено из уравнений (7) и (8) путем замены x на y , R_x на R_y , k_x на k_y .

Должен быть упомянут следующий специальный случай уравнений (7) и (8):

$$k_x = 0 \text{ дает } g(x) = R_x - \sqrt{R_x^2 - x^2} \text{ и}$$

$$z = f(x, y) = R_y - \sqrt{\left[R_y - R_x + \sqrt{R_x^2 - x^2} \right]^2 - y^2} \quad \dots (9)$$

Уравнение (9) описывает тор, у которого определяющая дуга является кругом радиуса R_x .

По аналогии с 3.2.1 этой части ISO 10110, $g(x)$ может быть модифицировано путем добавления степенного ряда $g_I(x)$ (см. приложение А).

4 Обозначения на чертежах

4.1 Общие положения

Асферическая линза или зеркало должны представляться таким же самым образом как и сферический компонент (см. ISO 10110-1), обозначение радиуса на рисунке в данном случае заменяется словом "асферика", если $f_1(x, y) \neq 0$ или типом асферики, если базовое уравнение не модифицируется степенным рядом (например, "тороид", "параболоид", и т.д.).

Уравнение, описывающее асферическую поверхность, должно быть приведено в примечании, за исключением цилиндрических поверхностей с круглым поперечным сечением.

Для ясности форма асферического профиля может быть приведена на чертеже в преувеличенном виде. Кроме того, может быть включена в чертеж сокращенная таблица стрелок (см. фигуру 2).

Допуски на форму поверхности должны быть указаны одним из следующих способов:

а) в соответствии с ISO 1101,

в) в соответствии с ISO 10110-5

или

с) таблицей, характеризующей допустимые отклонения z , т.е. разности между номинальными величинами z , соответствующими уравнению (8) и истинными величинами обработанной детали (см. фигуру 2).

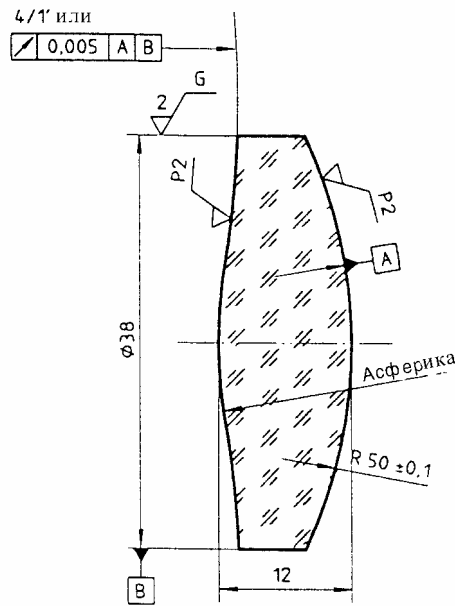
В каждом из этих трех случаев может быть дополнительно оговорено допустимое отклонение наклона (т.е. местное отклонение нормали к поверхности от номинальной величины).

Если оговорен допуск на наклон, то должна быть приведена на рисунке так же эталонная длина наклона. Эталонная длина наклона является поперечным промежутком на поверхности, на котором измеряется наклон. Заметим, что отклонение наклона относится к разности наклонов между истинной поверхностью и номинальной асферической поверхностью, вычисляемой в соответствии с определительным уравнением.

Для поверхностей, не обладающих симметрией вращения, допуск на наклон может быть разным в разных сечениях.

Допуски на центрировку должны обозначаться в соответствии с или ISO 1101 или ISO 10110-6.

Допуски на дефекты поверхности и характеристики текстуры поверхности должны обозначаться в соответствии с ISO 10110-7 и ISO 10110-8, соответственно.



$$z = \frac{h^2}{R(1 + \sqrt{1 - (1+k)h^2/R^2})} + \sum_{i=2}^5 (A_{2i} h^{2i})$$

h	z	Δz	Допуск на наклон
0,0	0,000	0,000	0,3'
5,0	0,219	0,002	0,5'
10,0	0,825	0,004	0,5'
15,0	1,599	0,006	0,8'
19,0	1,934	0,008	1,0'

$$R = 56,031$$

$$K = -3$$

$$A_4 = -0,432\ 64E-05$$

$$A_6 = -0,976\ 14E-08$$

$$A_8 = -0,108\ 52E-11$$

$$A_{10} = -0,122\ 84E-13$$

Эталонная длина наклона = $1 \pm 0,1$

Фигура 2 — Линза с асферической поверхностью, обладающей симметрией вращения

5 Примеры

5.1 Детали с симметричной асферической поверхностью, механическая и оптическая оси совпадают

На фигуре 2 базовая ось проходит через центр кривизны сферической поверхности и центральную точку подходящей поверхности (в соответствии с ISO 10110-6).

Допуск на форму асферической поверхности приводится в табличной форме. Δz представляет максимально допустимое отклонение, в миллиметрах, в направлении z для данной координаты H . Кроме того, указан допуск на ошибку наклона.

5.2 Детали с симметричной асферической поверхностью, с несовпадающими оптической и механической осями.

Фигура 3а) показывает вне осевой параболоид с прямоугольным поперечным сечением. Допуск на форму поверхности и допуск на центрировку указаны в соответствии с ISO 1101.

Базовая ось определяется линией пересечения поверхностей А и С. База С представляет ширину детали как показано.

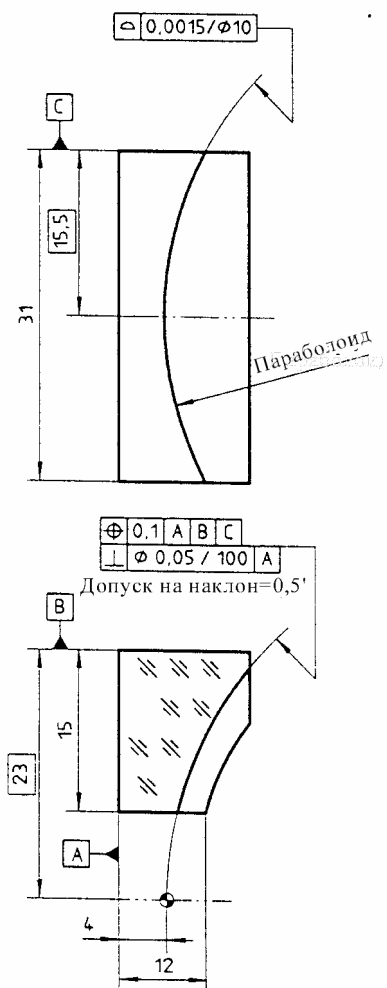
Вершина параболоида должна лежать в пределах куба с длиной стороны 0,1 мм, центрированного к номинальному положению.

Ось вращения параболоида должна лежать, на длине 100 мм, в пределах цилиндра, параллельно базовой оси, имеющего диаметр 0,05 мм.

Допуск на форму поверхности оптически действующей поверхности дан в соответствии с ISO 1101:—¹⁾, 14.6. Кроме того, указан допуск на ошибку наклона.

Фигура 3b) показывает тот же самый оптический элемент, как и фигура 3a); тем не менее, допуск на форму поверхности здесь указан в соответствии с ISO 10110-5.

Размеры в миллиметрах

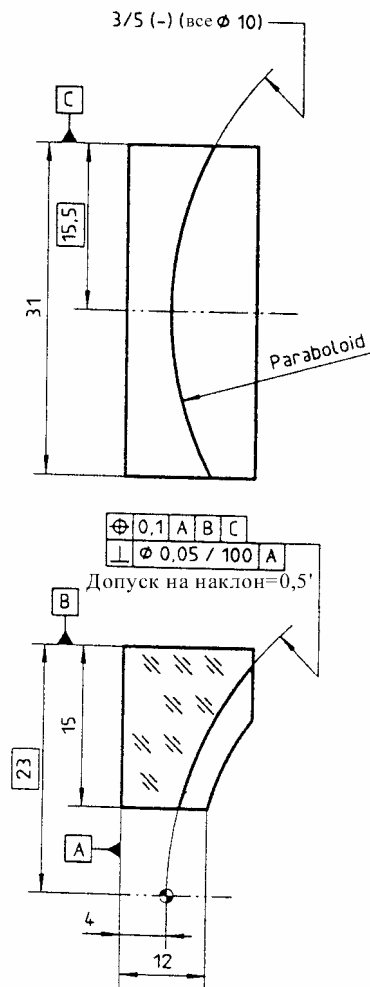


Эталонная длина наклона = $2 \pm 0,2$

$$z = \frac{h^2}{2R} \quad R = 35,741 \pm 0,2$$

а) Обозначение допуска на форму поверхности в соответствии с ISO 1101

1) Публикуется (Пересмотр ISO 1101:1983)



Эталонная длина наклона = $2 \pm 0,2$

$$z = \frac{h^2}{2R} \quad R = 35,741 \pm 0,2$$

в) Обозначение допуска на форму поверхности в соответствии с ISO 10110-5

Фигура 3 — Внеосевой параболоид

5.3 Детали с не обладающей симметрией вращения асферической поверхностью

Фигура 4 показывает плоскоцилиндрическую линзу с прямоугольным поперечным сечением. Базовая ось определяется линией пересечения поверхностей А и В.

Ось цилиндрической поверхности должна быть в пределах цилиндра диаметром 0,05 мм.

Допуск на ошибку формы оговорен в соответствии с ISO 1101: —¹⁾, 14.4 и дополнительно разными допусками на ошибку наклона в двух сечениях.

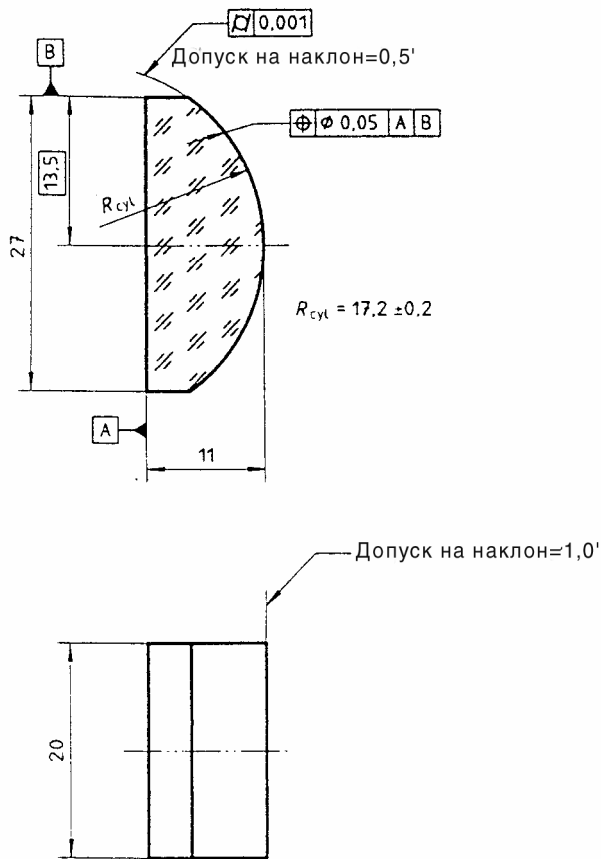
Фигура 5 показывает плоскоцилиндрическую линзу с круглым поперечным сечением.

Базовая ось определяется краем цилиндра В и плоской поверхности А.

Уравнение поверхности, показанное на чертеже, указывает, что определяющая дуга и ось вращения поверхности лежат в плоскости xz .

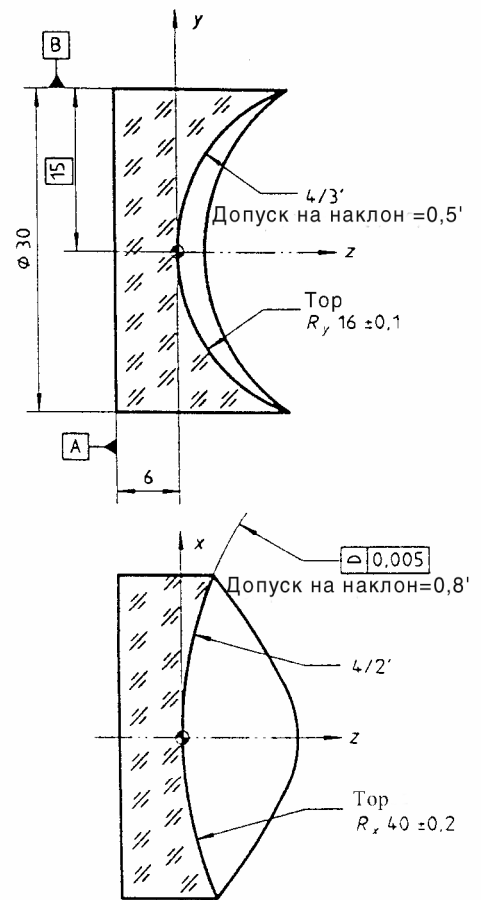
Разные допуски для углов наклона поверхности даны в двух сечениях. Также допуски (местные) на угол наклона являются разными в двух сечениях.

Размеры в миллиметрах



Эталонная длина наклона = $2 \pm 0,2$

Размеры в миллиметрах



$$z = R_y - \sqrt{\left[R_y - R_x + \sqrt{R_x^2 - x^2} \right]^2 - y^2}$$

Эталонная длина наклона = $3 \pm 0,2$

Фигура 4 — Плоскоцилиндрическая линза

Фигура 5 — Плоскоторическая линза

Приложение А (нормативное)

Краткое изложение типов асферических поверхностей

Класс	Базовая поверхность	Базовое уравнение $f(x, y) =$	Степенной ряд $f_1(x, y) =$ [для торических поверхностей, $g_1(x)$]
Поверхности без симметрии вращения $R_x \neq R_y$ ¹⁾ $k_x \neq k_y$ $A_{2i} \neq B_{2i}$ $C_{2i-1} \neq D_{2i-1}$	Эллипсоид Гиперболоид Параболоид	$\frac{x^2}{R_x} + \frac{y^2}{R_y}$ $1 + \sqrt{1 - (1 + k_x) \left(\frac{x}{R_x}\right)^2 - (1 + k_y) \left(\frac{y}{R_y}\right)^2}$	$A_4x^4 + B_4y^4 + A_6x^6 + B_6y^6 + \dots$ $+ C_3 x ^3 + \dots + D_3 y ^3 + \dots$
	Конус ($a \neq b$)	$c \sqrt{\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2}}$	
	Цилиндр	$\frac{u^2}{R_u \left[1 + \sqrt{1 - (1 + k_u) \left(\frac{u}{R_u}\right)^2} \right]}$	
Поверхности, обладающие симметрией вращения вокруг оси z $R_x = R_y = R$ $k_x = k_y = k$ $h^2 = y^2 + x^2$	Эллипсоид Гиперболоид Параболоид Сфера	$\frac{h^2}{R \left(1 + \sqrt{1 - (1 + k) \left(\frac{h}{R}\right)^2} \right)}$	$A_3h^3 + A_4h^4 + A_5h^5 + \dots$ где $h = \sqrt{x^2 + y^2}$
	Конус ($a = b$)	$\frac{c}{a} \sqrt{h^2}$	
	Планоид (поверхность Шмидта)	0	
Поверхности с круговым вращением; нет совмещения с осями координат	Торическая поверхность	$f(x, y) = R_y + \sqrt{[R_y - g(x)]^2 - y^2}$ $g(x) = \frac{x^2}{R_x + \sqrt{R_x^2 - (1 + k_x)x^2}}$	$g_1(x) = A_4x^4 + A_6x^6 + \dots + C_3 x ^3 + C_5 x ^5 + \dots$
1) Если по крайней мере одно из этих неравенств справедливо			