

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**ОПТИЧНІ СХЕМИ
ТА КРЕСЛЕННЯ ОПТИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ
ЗА МІЖНАРОДНИМ СТАНДАРТОМ
ISO 10110**

Методичні вказівки
для студентів спеціальності 6.051004 "Опtotехніка"
до виконання графічних матеріалів у курсових проектах
за дисциплінами
«Теорія оптичних систем», «Проектування оптичних систем»
«Розрахунок і конструювання оптичних приладів»,
а також у дипломних проектах

Рекомендоване вченою радою приладобудівного факультету

Київ
НТУУ «КПІ»
2015

УДК 681.7, ББК 22.34

Оптичні схеми і креслення оптичних елементів за міжнародним стандартом ISO10110: Методичні вказівки для студентів спеціальності 6.051004 "Опtotехніка" до виконання графічних матеріалів у курсових проектах за дисциплінами «Теорія оптичних систем», «Проектування оптичних систем», «Розрахунок і конструювання оптичних приладів», а також у дипломних проектах

Уклад.: В.М. Тягур., І.Г. Чиж., О.К. Кучеренко - К.: НТУУ «КПІ», 2014, - 82 с.

Гриф надано вченою радою ПБФ

(протокол № 5/13 від 24 лютого 2014р.)

Навчальне видання

ОПТИЧНІ СХЕМИ
ТА КРЕСЛЕННЯ ОПТИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ
ЗА МІЖНАРОДНИМ СТАНДАРТОМ
ISO 10110

Методичні вказівки
для студентів спеціальності 6.051004 "Опtotехніка"
до виконання графічних матеріалів у курсових проектах
за дисциплінами
«Теорія оптичних систем», «Проектування оптичних систем»
«Розрахунок і конструювання оптичних приладів»,
а також до оформлення креслень у дипломних проектах

Укладачі: *Тягур Володимир Михайлович, к.т.н.,*

Чиж І.Г., д.т.н., професор,

Кучеренко О.К. к.т.н., доцент

Відповідальний

редактор: *Колобродов В.Г., д.т.н., професор*

Рецензент: *Микитенко Володимир Іванович, к.т.н., доцент*

1. ПЕРЕДМОВА

ISO (Міжнародна організація по стандартизації) є всесвітньою федерацією національних організацій по стандартизації (членів організації ISO).

Міжнародний стандарт 10110 був розроблений Технічним Комітетом ISO/TC172, Optics and optical instruments (Оптика й оптичні прилади), Підкомітетом SC1, Fundamental standards [Основні стандарти]. Метою цього стандарту є створення універсальне креслень, що розуміються, і вимог, як основи для міжнародного виробництва й контролю оптичної продукції, виробленої в усьому світі.

ISO 10110 складається з наступних частин, під загальною назвою «Оптика й оптичні прилади - Правила оформлення креслень оптичних елементів і систем» [*Optics and optical instruments - Preparation of drawings for optical elements and systems*]:

- Частина 1: Загальні положення [*Part 1: General*];
- Частина 2: Дефекти матеріалу – Двулучезаломлення, що викликане напругою [*Part 2: Material imperfections – Stress birefringence*];
- Частина 3: Дефекти матеріалу – Міхури і включення [*Part 3: Material imperfections – Bubbles and inclusions*];
- Частина 4: Дефекти матеріалу – Неоднорідності й звилини [*Part 4: Material imperfections – Inhomogeneity and striae*];
- Частина 5: Допуски на форму поверхні [*Part 5: Surface form tolerances*];
- Частина 6: Допуски на центрування [*Part 6: Centering tolerances*];
- Частина 7: Допуски на дефекти поверхні [*Part 7: Surface imperfection tolerances*];
- Частина 8: Текстура поверхні [*Part 8: Surface texture*];
- Частина 9: Поверхнева обробка й покриття [*Part 9: Surface treatment and coating*];

- Частина 10: Таблична форма показу даних лінзового елемента [*Part 10: Table representing data of a lens element*];
- Частина 11: Дані без допусків [*Part 11: Non-toleranced data*];
- Частина 12: Асферичні поверхні [*Part 12: Aspheric surfaces*];
- Частина 13: Поріг руйнування лазерним опроміненням [*Part 13: Laser irradiation damage threshold*].

2. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

Офіційною мовою стандартів ISO є англійська мова, як вона пишеться у Великобританії.

Усі позначення на кресленнях оптичних елементів і систем повинні застосовуватися до кінцевого виробу, тобто до його кінцевої форми. Якщо вимоги й символи, обумовлені в цьому Міжнародному Стандарті, виявляють неадекватність відносно чіткого визначення вимог, інформація повинна бути доповнена приміткою або спеціальною інструкцією. Через існування старих (національних) стандартів на оптичні креслення може виникнути випадок неправильної інтерпретації даних. Із цієї причини на кожному кресленні повинна приводитися посилання на ISO 10110 у формі "Indications in accordance with ISO 10110" ["Позначення відповідно до ISO 10110" або "Познач. у відповід. ISO 10110"].

Усі лінійні розміри вказуються в міліметрах. Для поділу цілої й десяткової частини розмірів в ISO використовується кома замість крапки.

Усі оптичні показники ставляться до довжини хвилі зеленої лінії e ртуті ($\lambda = 546,07$ нм), відповідно до ISO 7944 температури, що $^{\circ}$ й оточує, 22 ± 2 C, якщо не обмовляється інше.

3. ВИСТАВА Й ПРОСТАВЛЯННЯ РОЗМІРІВ.

3.1. Види.

Оптичні елементи переважно слід зображувати на кресленні по ходу променя, що йде ліворуч праворуч. Оптична вісь, по можливості, повинна бути

горизонтальною. Кращим є вид, коли елемент намальований у поперечному перерізі й заштрихований коротким-довгим-коротким штрихами. Задні сторони й сховані лінії звичайно пропускаються (рис. 3.1). Іноді може бути необхідним включення таких ліній у випадку елементів, що не володіють симетрією обертання.

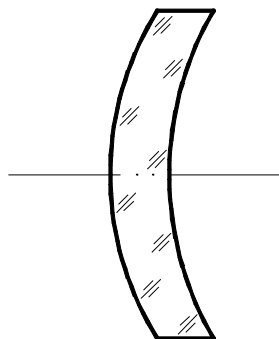


Рис. 3.1. Поперечний переріз зі штрихуванням

Складальні вузли, такі як склесні компоненти, повинні бути заштриховані в напрямках, що чергуються.

З метою спрощення оптичні деталі можуть бути намальовані без штрихування (рис. 3.2). На одному кресленні не може бути використане зображення зі штрихуванням і без штрихування.

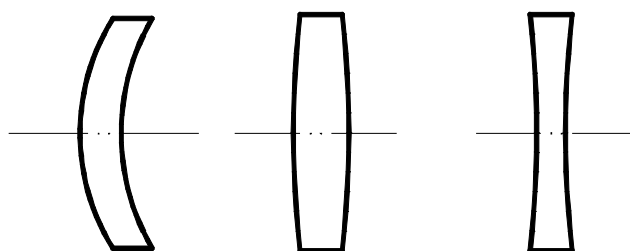


Рис. 3.2. Зображення оптичних елементів без штрихування

Лінзові елементи з поверхнями, що мають два напрямки симетрії, такі як циліндричні й торичні поверхні, повинні бути намальовані у двох поперечних перерізах, відповідних до цих напрямків (рис. 3.3 а) і б)).

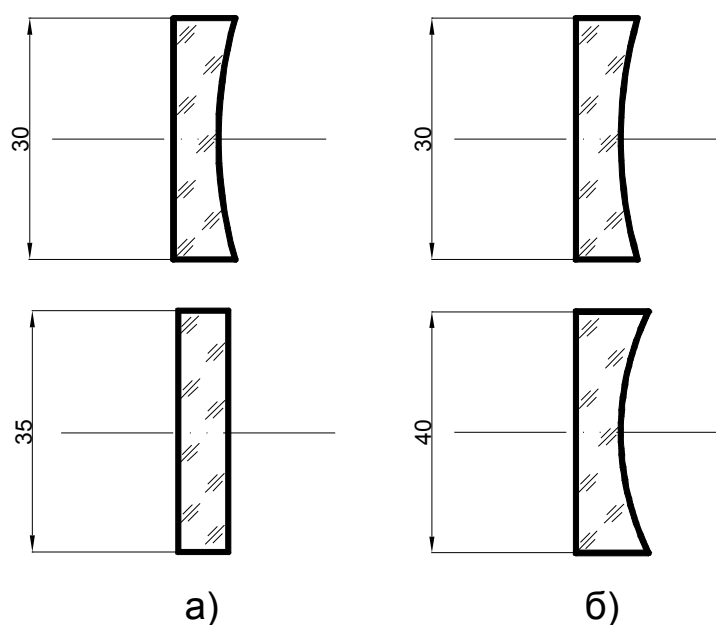


Рис. 3.3. Прямокутні циліндричні (а) і торичні (б) лінзові елементи

3.2. Осі.

В ISO осі обертання й центральні лінії позначаються лінією типу G.ISO 128, а оптичні осі лінією типу K.ISO 128.

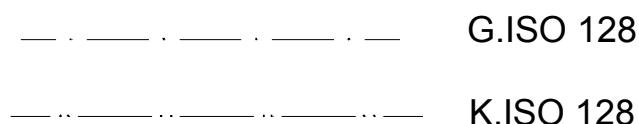


Рис.3.4. Типи ліній для осей

Якщо оптична вісь збігається з віссю обертання або центральною лінією, то повинна бути використана лінія типу К. Оптична вісь використовується також, якщо в елементі немає осі симетрії, наприклад для позначення проходження світла в призмі (рис. 3.5). При розбіжності осі симетрії оптичного елемента з оптичною віссю необхідно вказати й проставити розмір зсуву або нахилу осей, причому зсуви повинні бути намальовані не в масштабі з метою перебільшеного показу зсуву або нахилу (рис. 3.6).

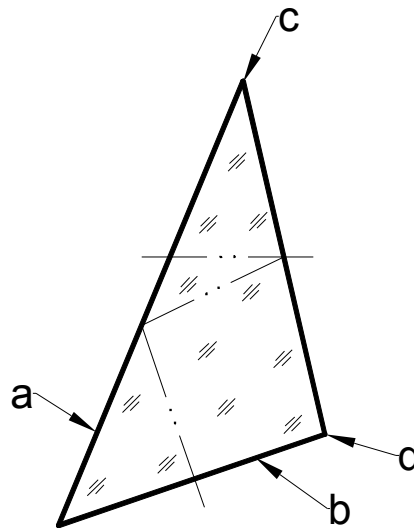


Рис. 3.5. Осі в призмах і виносні лінії до кутів і поверхням



Рис. 3.6. Розбіжність осей

3.3. Лінії-виноски.

Лінії що виносяться повинні мати крапку на кінці лінії-винесення, що закінчується усередині контуру деталі (рис. 3.7) і розмірну стрілку для лінії-виноски, що закінчується на контурній лінії (рис. 3.5).

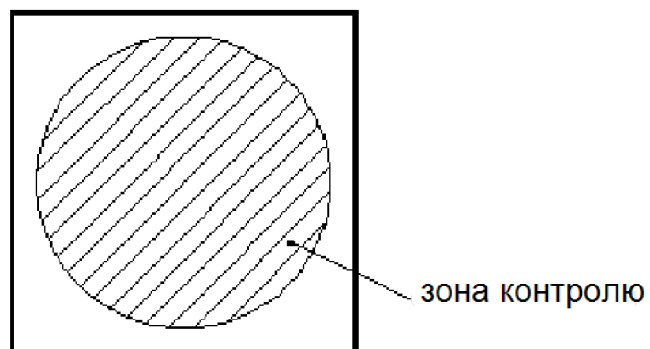


Рис. 3.7. Лінія що виноситься до зони контролю

3.4. Зони контролю.

Якщо контролю всієї поверхні або площі не потрібно, то на рисунках повинні бути показані зони контролю або оптично діючі поверхні. Діаметр круглої області контролю - "діючий діаметр", повинен бути позначений символом " $\varnothing_e$ " (рис. 3.6 і 3.8). Він визначає область поверхні деталі, яка є оптично важливою.

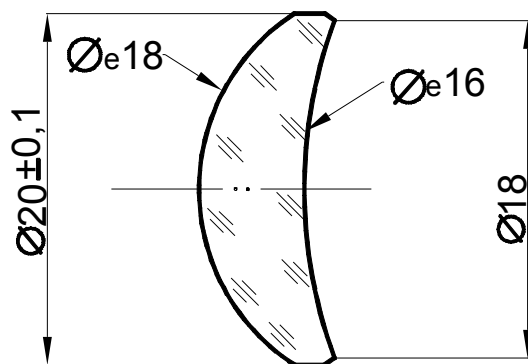


Рис. 3.8. Области контролю

Межі областей контролю повинні бути намальовані суцільними тонкими лініями (лінія типу В, ISO 128), а самі області повинні бути заштриховані суцільними лініями того ж типу. Якщо потрібно, то вони можуть бути підрозділені на зони, до яких застосовуються різні допуски. У таких випадках зони повинні бути пронумеровані для чіткого їхнього співвідношення. Номер зони повинен бути позначений на виносній лінії до відповідної області (рис. 3.9.).

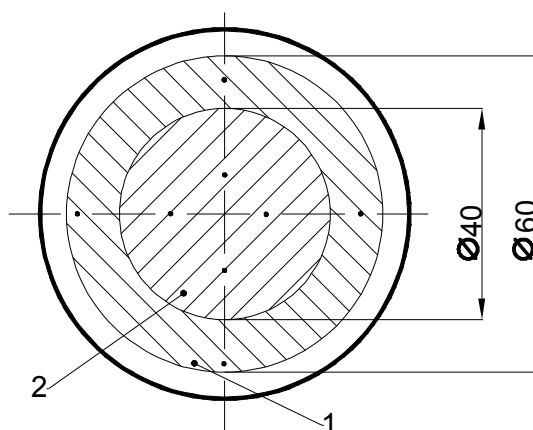


Рис. 3.9. Вид, що показує області контролю

Де необхідно, можуть бути додані спеціальні види, що озаглавлюються

"області контролю", що показують оптично діючі області й позначені відповідними розмірними величинами. Якщо симетричні компоненти мають різні області контролю (наприклад, завдяки проходженню променів, що мають розбіжність або збіжність), то тоді області, при наявності сумнівів, повинні бути відповідно позначені для запобігання помилкового складання. Така ж сама вимога застосовується, якщо несхожі контрольні характеристики повинні бути застосовані до однакових областей контролю. Спосіб ідентифікації повинен бути показаний на кресленні (рис. 3.10).

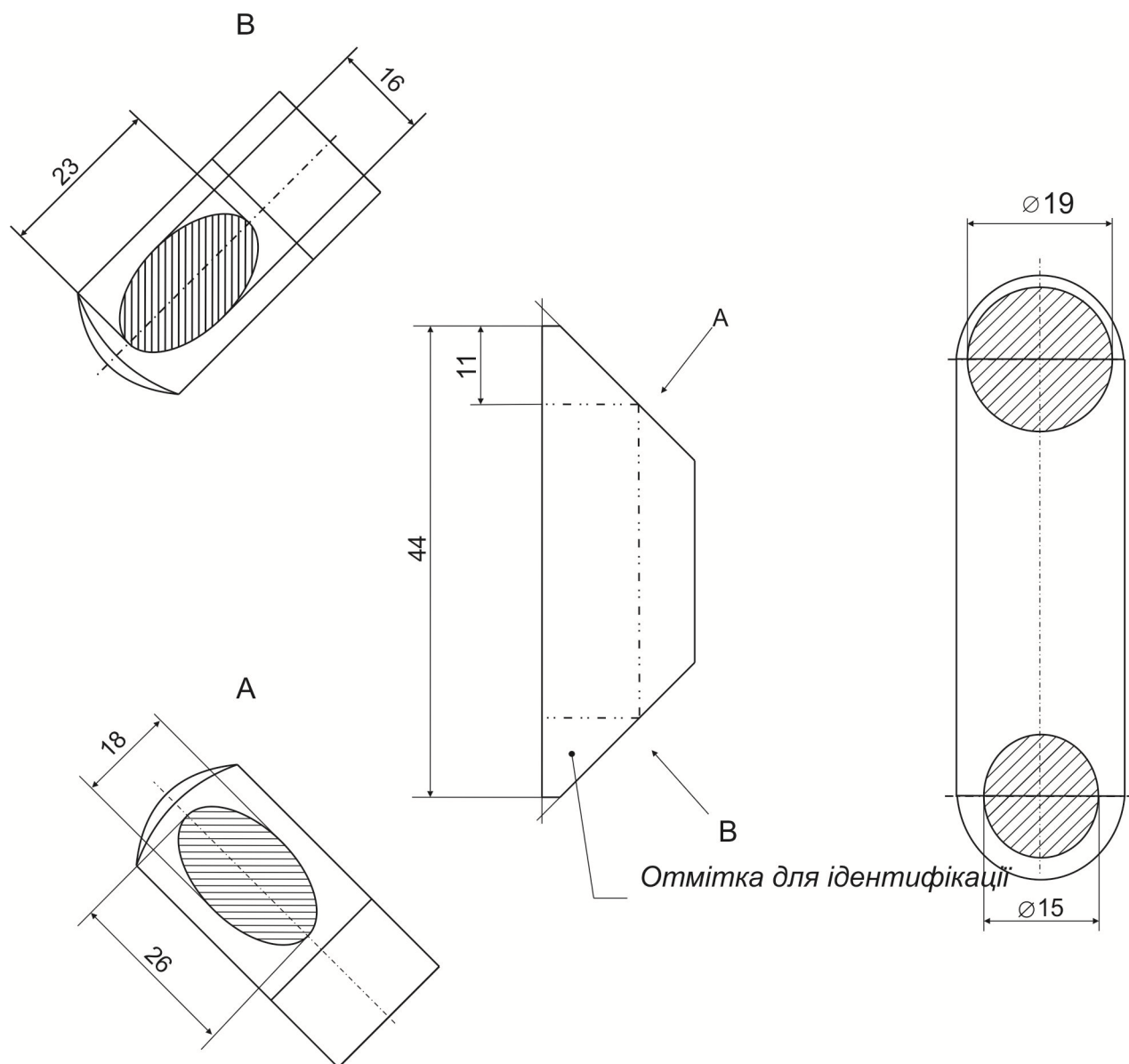


Рис. 3.10. Різні області контролю для призми

Якщо області контролю не показані, то областю контролю вважають поверхні по їхньому повному розміру.

Кругле поле контролю може бути показане в будь-якому місці усередині області контролю у вигляді області, що визначена розмірами та обмежена тонкою суцільною лінією. Відповідні вимоги, що вказуються на виносній лінії до поля контролю, повинні застосовуватися до всіх можливих положень поля контролю усередині області контролю. У цьому випадку діаметр поля контролю повинен бути доданий до відповідного до позначення допуску в такий спосіб: " ... (увесь $\varnothing$...) " (рис. 3.11).

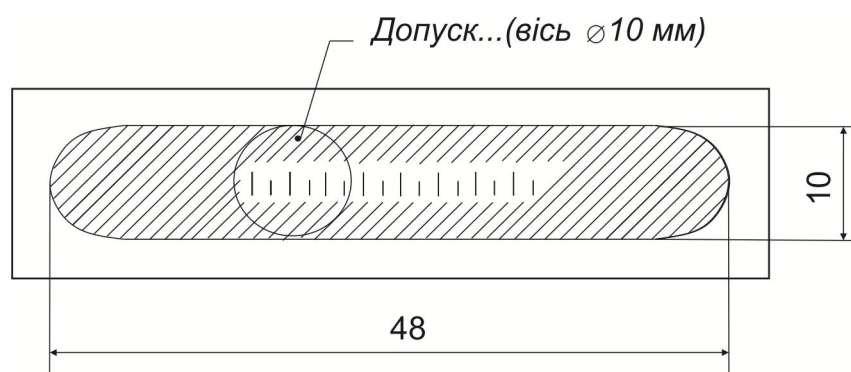


Рис.3.11. Поле контролю усередині області контролю

3.5. Об'єм що контролюється.

Об'єм що контролюється повинен бути позначений, якщо об'єм певного розміру повинен задовольняти більш високим вимогам, чим інший об'єм оптичного елемента (рис. 3.12).

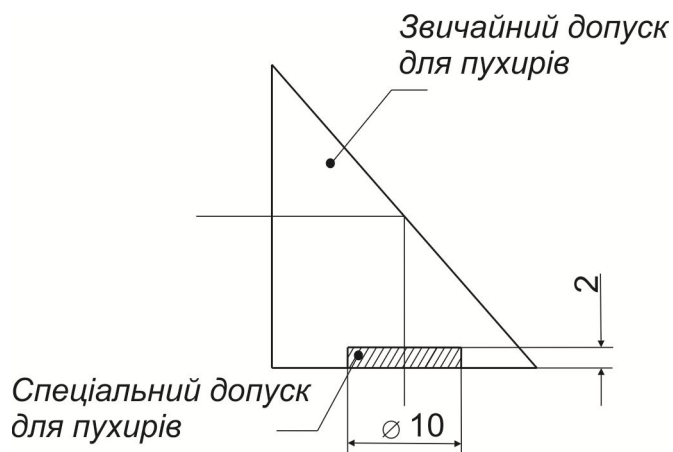


Рис. 3.12. Контрольний об'єм

3.6. Проставляння розмірів.

Розміри оптичних елементів, зазначені на кресленні, ставляться до повністю виготовленої деталі після механічної обробки й покриття. Якщо необхідно вказати певні розміри до поверхневої обробки, то в таких випадках необхідно вказувати на кресленні, що ці розміри ставляться до неопрацьованої деталі.

3.6.1. Радіуси кривизни.

Сферичні поверхні визначаються проставлянням радіусів кривизни з допусками на розмір (рис. 3.13). Цей допуск повинен указувати область, усередині якої повинна бути розміщена реальна поверхня.

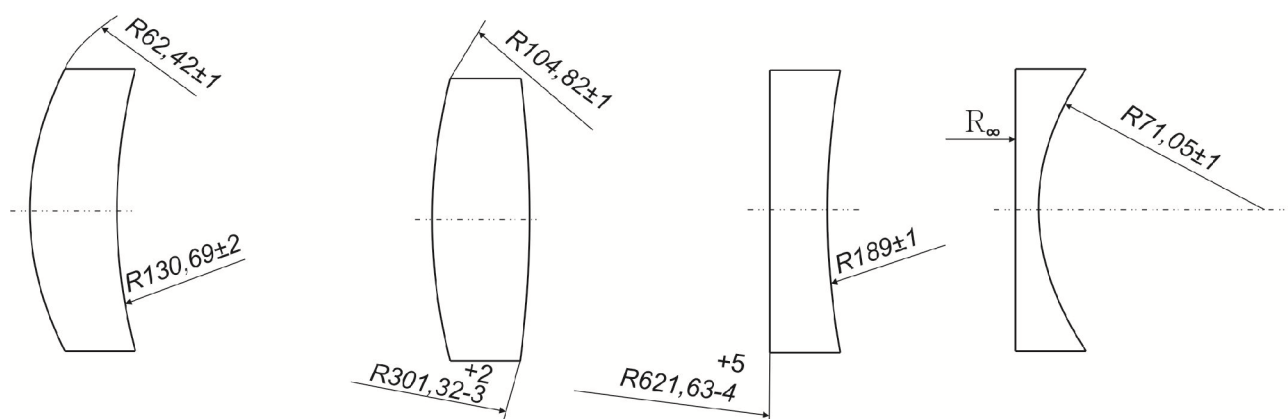


Рис. 3.13. Позначення радіусів кривизни й допусків на них

Альтернативно, допуск на радіус кривизни може бути зазначений повністю або частково в термінах інтерферометрії, як визначається в ISO 10110-5. Якщо сумарна припустима зміна радіуса кривизни вказується в термінах інтерферометрії, то допуск на розмір радіуса дорівнює нулю й немає необхідності включати його в позначення радіуса кривизни.

Плоскі поверхні (тобто нескінченний радіус кривизни) повинні бути позначені символом R (допуск на площинність повинен бути зазначений у термінах інтерферометрії (див. ISO 10110-5).

Для відмінності між опуклою й увігнутою поверхнею, особливо у випадку малої кривизни, стрілка до лінії винесення для позначення радіуса завжди повинна видатися вихідною із центру кривизни. Альтернативно, опукла поверхня може бути позначена буквами CX, що впливають за позначенням

радіуса кривизни, а ввігнута поверхня буквами СС.

Для торичних і циліндричних поверхонь застосовуються вимоги, зазначені в п. 3.1, тобто вказується радіус із допусками на двох видах. Для циліндричних поверхонь радіус повинен бути позначений терміном "Rcyl" (рис. 3.14).

Для асферичних і торичних поверхонь позначення відповідно до ISO 10110-12.

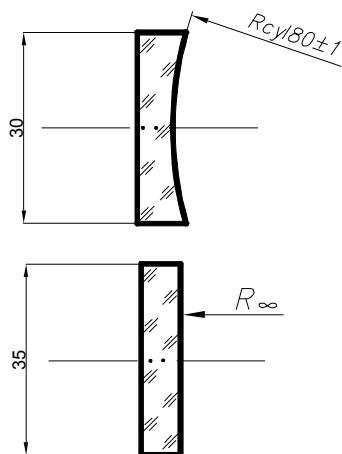


Рис. 3.14. Позначення радіусів кривизни циліндричних поверхонь

3.6.2. Товщина.

Товщина повинна бути позначена як номінальний розмір з (переважно симетричним) допуском. У випадку лінзових елементів, що мають увігнуті поверхні, повинна бути зазначена в дужках на додаток до осьової товщини повна товщина (рис. 3.15).

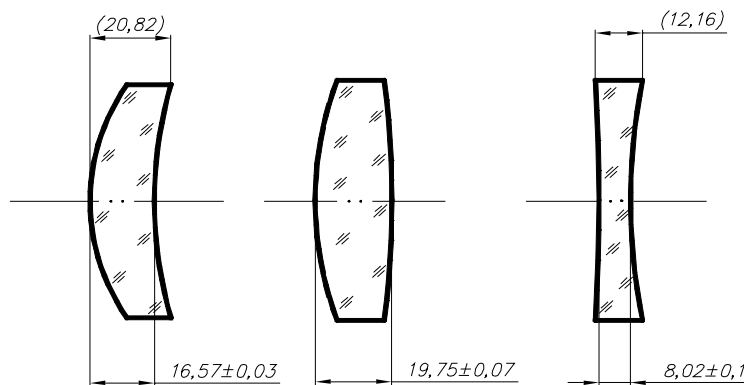


Рис. 3.15. Позначення товщини

3.6.3. Діаметр.

Діаметр оптичних деталей повинен бути визначений разом з допусками таким же самим чином, як і для механічних деталей. Для позначення світлового діаметра повинен бути доданий оптично діючий діаметр " $\emptyset_e$ " (рис. 3.6, 3.8. і 3.16).

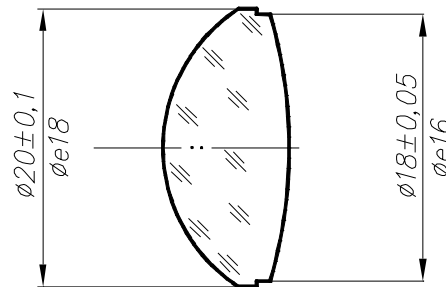


Рис. 3.16. Діаметри й оптично діючі діаметри

3.6.4. Наведення крайок, скосів і фасок.

Профіль крайок, скосів і фасок визначається або з конструктивних (функціональних) міркувань або з метою запобігання виколювання гострих крайок і кутів у процесі виготовлення й експлуатації.

Гострі крайки: Для крайки, яка повинна зберігати профіль (гострий край) по функціональних причинах, повинен бути використаний символ "0" (рис. 3.17 а)).

Захисні фаски: Захисна фаска є невеликою поверхнею, що замінює крайку або кут, приблизно однаково нахиленої до поверхонь, що формують крайку або кут. Ця поверхня окремо не повинна малюватися. Вказівка "захисні фаски" повинне бути включене в якості примітки до малюнка для охопту всіх крайок і кутів, які не характеризуються окремо. Ширина W фаски показано на рис. 3.17 б). Мінімально й максимально припустимий розмір фасок повинен бути зазначений у примітці, а виключення повинні бути зазначені на малюнку (рис. 3.17 б)).

Скоси: Скіс є функціональною поверхнею, що замінює гостру крайку, і повинен бути повністю охарактеризований відносно розміру, допуску, нахилу й, якщо необхідно, центрування рис. 3.18).

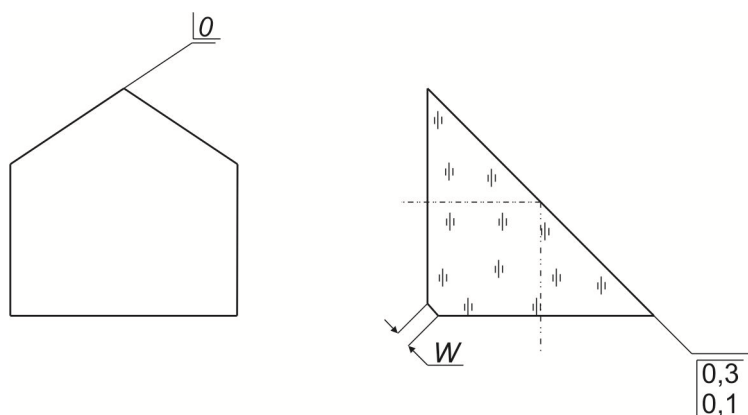


Рис. 3.17. Позначення гострих крайок і захисних фасок

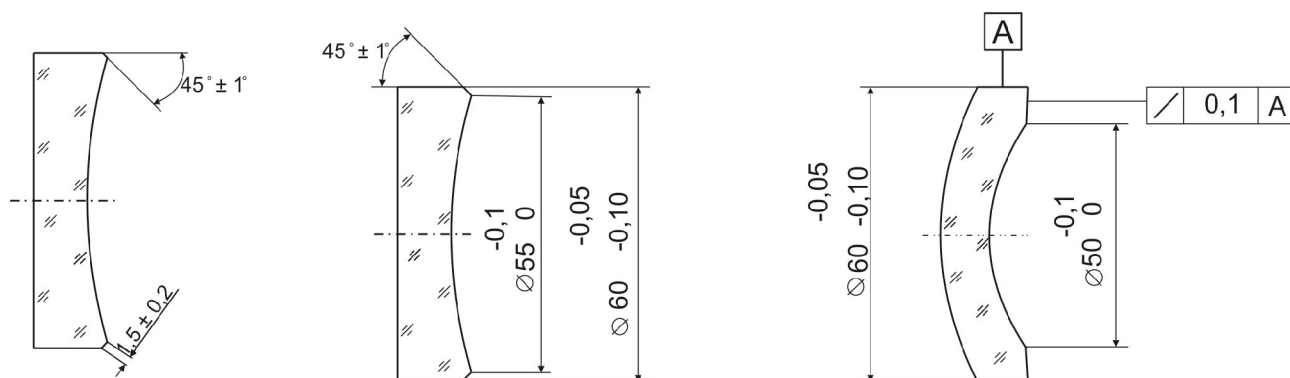


Рис. 3.18. Проставляння розмірів скосів

Внутрішні крайки: Оскільки зовсім гострої внутрішні крайки виготовити не можливо, то часто змушено визначати максимально (і іноді мінімально) припустиму ширину поверхні крайки W (рис. 3.19). Якщо вказується тільки одна величина, то вона повинна бути інтерпретована як максимально припустима ширина.

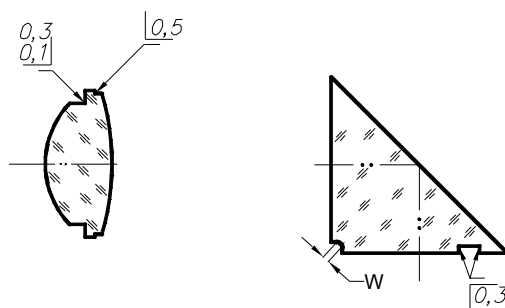


Рис. 3.19. Внутрішні крайки уступів і пазів

3.6.5. Лінійні розміри.

Номінальні розміри довжини, ширини й висоти (діаметра й товщини)

деталі повинні бути проставлені з допусками, що дозволяються.

Деталі, що характеризуються наявністю захисних фасок або невеликих скосів, повинні бути з розмірами без обліку фасок або невеликих скосів, тобто лінійні розміри ставляться до теоретичної лінії перетинання поверхонь ("умова гострої окрайки"). Такі лінійні розміри повинні бути ідентифіковані додаванням слова "theor" ("теор") до позначення (рис. 3.20).

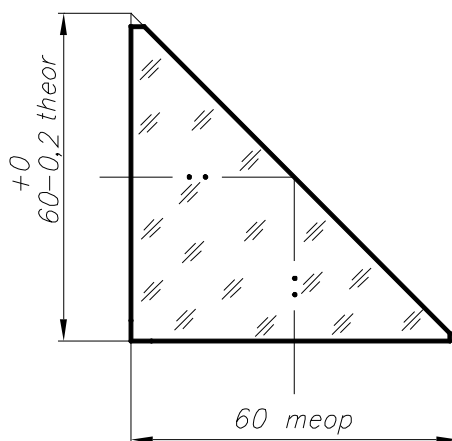


Рис. 3.20. Лінійні розміри призм

3.6.6. Кути.

На кресленні повинні бути проставлені номінальні величини з допусками. Поверхні для пошуку повинні бути позначені заголовними римськими буквами (рис. 3.21). Рисунок 3.21 показує приклад позначення кутів і допусків на них. Кути між поверхнею Е и поверхнями А, В, С и D називаються "пірамідальними кутами". Для призм повинен бути показаний оптичний шлях променя й кут відхилення. Кут відхилення дорівнює куту між напрямками падаючого й вихідного променів. Якщо не обмовляється інше, то падаючий промінь повинен бути перпендикулярний до вхідної поверхні. Кут відхилення повинен бути даний з допуском $\pm$ (рис. 3.22).

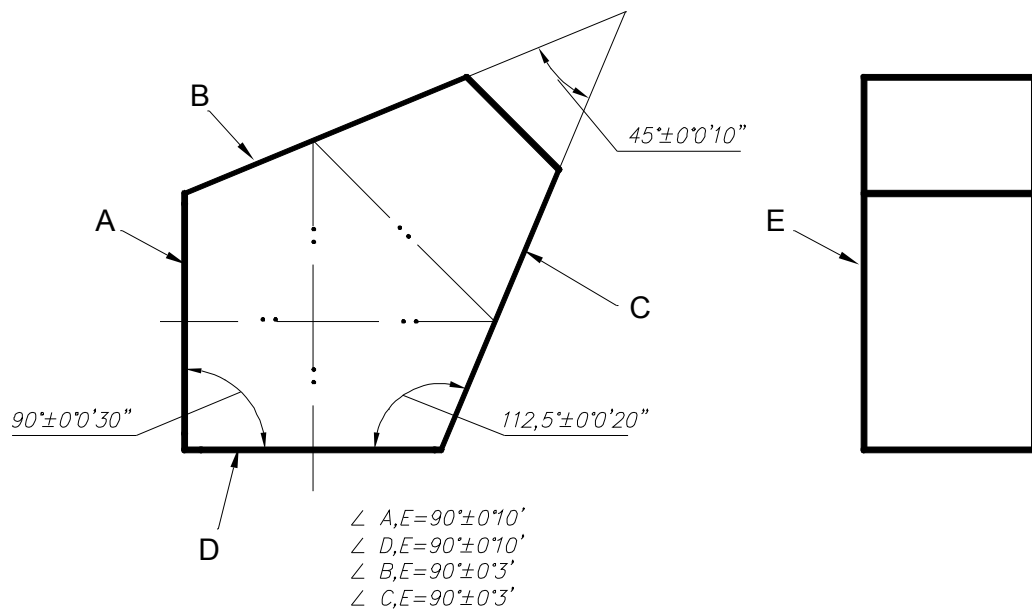


Рис. 3.21. Кути з допусками

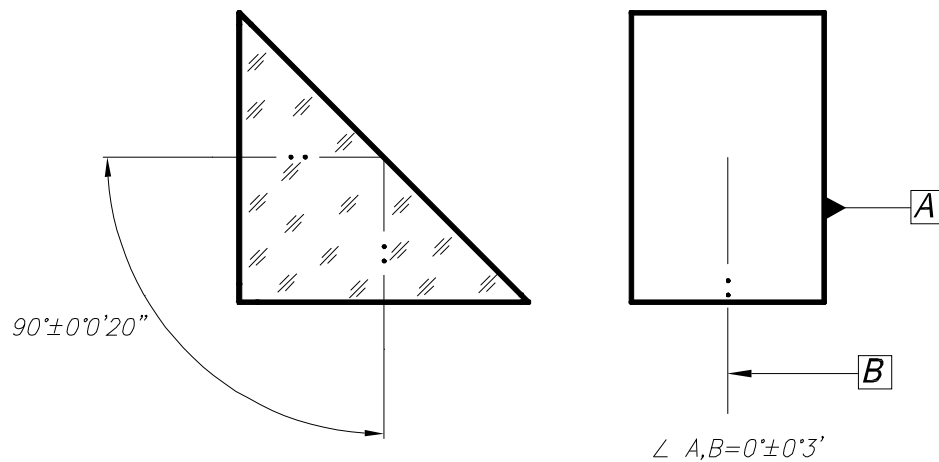


Рис. 3.22. Кути відхилення призми

3.7. Характеристики матеріалу.

Інформація, необхідна при придбанні матеріалу, повинна бути записана в рамці на кресленні.

Повинна бути наведена в якості кращої наступна інформація:

- а) Позначення матеріалу, наприклад виготовлювач, марка скла або міжнародний кодовий номер скла,
- або показник переломлення й число Аббе, включаючи вказівку еталонної довжини хвилі,
- або хімічний опис (наприклад, для кристалічного матеріалу);

б) Особливі характеристики матеріалу, такі як:

- допуски на показник переломлення;
- дисперсію;
- коефіцієнт світлопропускання,
- клас однорідності;
- клас безвільності;
- властивості кристала (наприклад, моно - або полікристалічний).

Характеристики матеріалу й допуски, які ставляться до окремого оптичного елемента, повинні бути позначені відповідно до ISO 10110-2, ISO 10110-3 і ISO 10110-4.

3.8. Оптичні складальні вузли.

Креслення оптичного складального вузла повинні включати наступні пункти (рис. 3.23):

- а) номери окремих деталей (або перелік деталей, перерахованих у специфікації);
- в) подробиці склеювання або іншого методу з'єднання;
- с) розміри й допуски, які вказуються додатково до розмірів і допускам, що приводяться на кресленнях деталей (наприклад, центрування);
- д) фокусна відстань і/або інші вимоги;
- е) спеціальні примітки, що ставляться до методів складання й контролю.

Креслення деталей складальних вузлів повинні містити посилання на методи складання, наприклад, "буде склеєна".

Якщо креслення складального вузла не містить допусків на форму поверхні (відповідно до ISO 10110-5) або дефекти поверхні (відповідно до ISO 10110-7), то допуски, задані на кресленнях відповідних елементів, використовуються й після склейки (або з'єднання методом оптичного контакту).

Якщо допуск на товщину зібраного (наприклад, склеєного) складального вузла менше, чим сума допусків на товщини елементів, що формують складальний вузол, так що елементи повинні бути підібрані, то допуск на

товщину складального вузла повинен бути позначений заголовною буквою "М".



Рис. 3.23. Оптичний складальний вузол

Примітки, інструкції й додаткова інформація повинні бути завжди згруповані разом на одному полі креслення. Кожна примітка повинна мати номер для зручності посилання на нього.

4. Виконання креслень оптичних схем.

4.1. Загальні положення.

Креслення оптичної схеми повинно показувати відносні положення всіх компонентів остаточної оптичної системи й повинно містити в якості необхідних наступні пункти (рис. 4.1):

- а) посилальний номер (або перелік деталей, перерахованих у специфікації);
- б) базову (еталонну) вісь (див. ISO 10110-6);
- в) повітряні проміжки, включаючи допуски;
- г) збільшення (повне й/або часткове, як переважно);
- д) відстань до об'єкта, або область відстаней до об'єкта;
- е) повне поле зору в просторі об'єктів;
- ж) числову апертуру або f-число (діафрагмове число);
- з) положення й розміри польових діафрагм;
- і) положення й розміри зіниць;

- к) розміри вільних апертур і фізичні розміри деталей;
- л) розмір(и) і формат фокальної площини;
- м) спектральну смугу світлопропускання;
- н) переміщення, необхідні для юстировки збільшення й фокусування;
- о) дані по установці поверхні розподілу;
- п) дані по центруванню (див. ISO10110-6);
- р) спеціальні примітки, що ставляться до методів складання й контролю;
- с) інші експлуатаційні вимоги.

Якщо базова вісь для допусків на центрування (див. ISO 10110-6) не зазначена на кресленні схеми, то всі допуски на центрування ставляться до теоретичної оптичної осі.

ПРИМІТКИ:

1. Для більшої інформативності іноді корисний запис деяких даних у табличній формі.
2. У випадку, коли оптичні системи є складними, з мінливим ходом шляху, може бути необхідним показ ізометричних видів.

4.2. Повітряні проміжки по осі.

Повітряні проміжки між елементами повинні бути зазначені уздовж базової осі. Для систем з осьовою симетрією цією віссю є вісь симетрії.

Відстані, які юстируються в процесі складання, або змінюються в ході використання, повинні бути зазначені на кресленні оптичної схеми разом з короткою пояснювальною приміткою, що вказують причини юстирування або зміни.

4.2.1. Постійні повітряні проміжки по осі.

Постійні повітряні проміжки повинні бути показані при номінальних конструктивних розмірах з допуском, що дозволяється.

4.2.2. Юстируємі повітряні проміжки.

У процесі складання деякі повітряні проміжки по осі можуть змінюватися усередині заздалегідь обумовлених границь із метою досягнення необхідного

стану або вимоги. Такі юстируємі відстані повинні бути позначені заголовною буквою "А", а причина юстировки повинна бути зазначена в примітці. Якщо необхідно, повинна бути зазначена також необхідна точність юстировки. Розмірна інформація повинна бути показана на малюнку в наступному порядку (рис. 4.2):

- а) буква "А" для позначення того, що відстань є юстируємою;
- в) номінальна відстань;
- с) припустимі границі юстировки від номінальної величини.

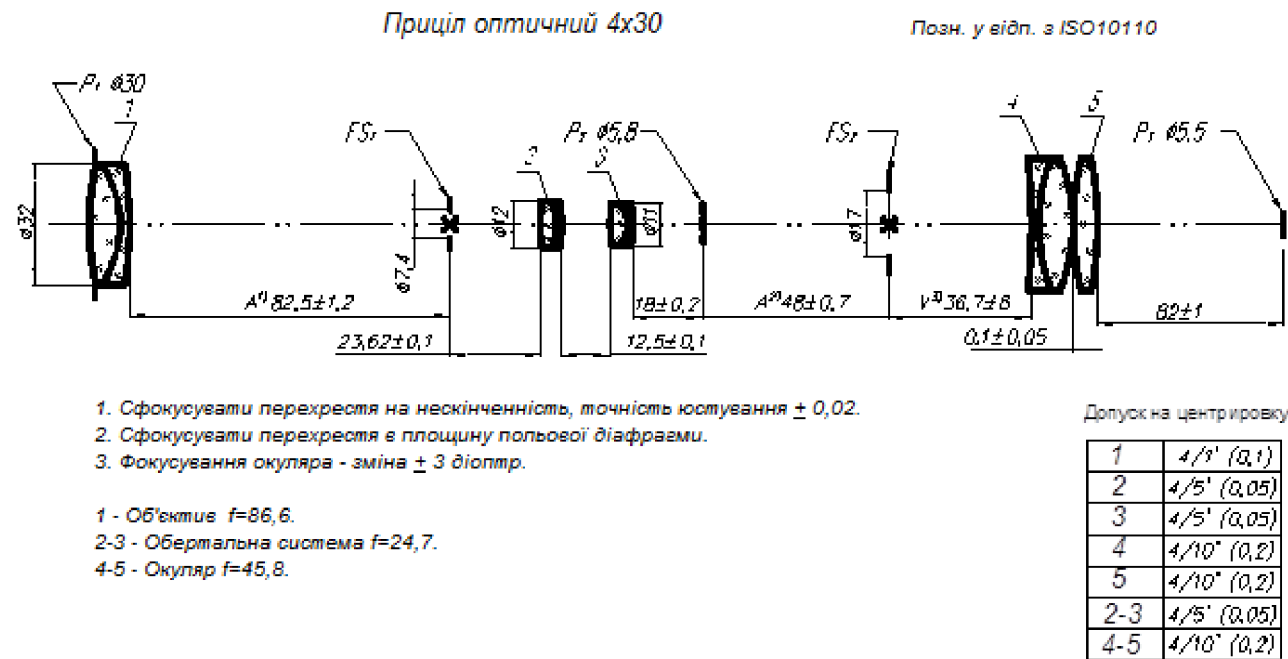
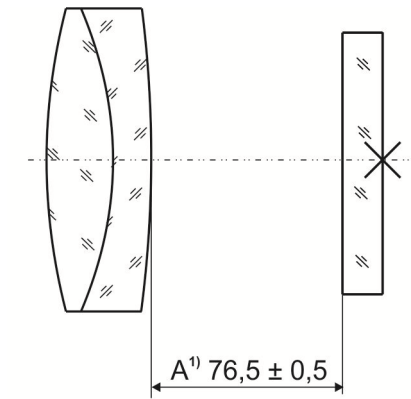


Рис. 4.1. Оптична схема

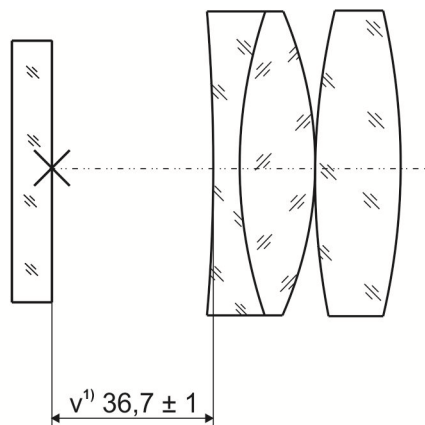


- 1) Сфокусувати сітку на нескінченність
точність фокусування $\pm 0,02$

Рис. 4.2. Юстируємий повітряний проміжок

4.2.3. Змінні повітряні проміжки.

Деякі відстані по осі може знадобитися змінювати при експлуатації зібраної системи. Вони повинні бути позначені буквою "V". Величина зміни разом із причиною зміни повинна бути показана на малюнку. Якщо необхідно, повинна бути наведена також необхідна точність (рис. 4.3).



1) Фокусування окуляра ,зміна ± 3 діоптр.

Рис. 4.3. Змінний повітряний проміжок

4.3. Площини зображення, зіниці, польові діафрагми.

Положення й розміри площин зображення, зіниць, польових діафрагм і інших отворів на кресленнях оптичних схем повинні бути намальовані в такий спосіб:

- а) положення площини зображення повинне бути намальоване у вигляді перекрестия (тобто "X") на оптичній осі (рис. 4.1, 4.2 і 4.3);
- в) положення зіниці повинне бути намальоване у вигляді короткої суцільної лінії (лінія типу А, ISO 128) поперек оптичної осі (рис. 4.1 і 4.4);
- с) фізичні отвори повинні бути намальовані у вигляді суцільних товстих ліній (лінії типу А, ISO 128), що визначають положення; розміри повинні бути намальовані у вигляді суцільних тонких ліній (лінії типу В, ISO 128), паралельних осі (рис. 4.5). Інші отвори повинні бути намальовані аналогічним образом, але штриховими, товстими лініями (лінії типу Е, ISO 128) (рис. 4.6).

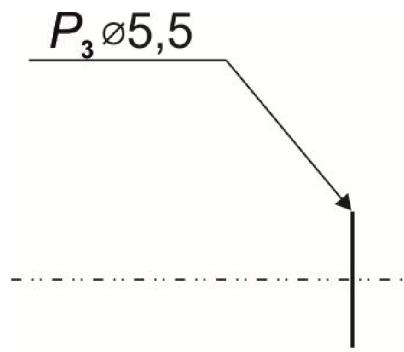


Рис. 4.4. Положення зіниці

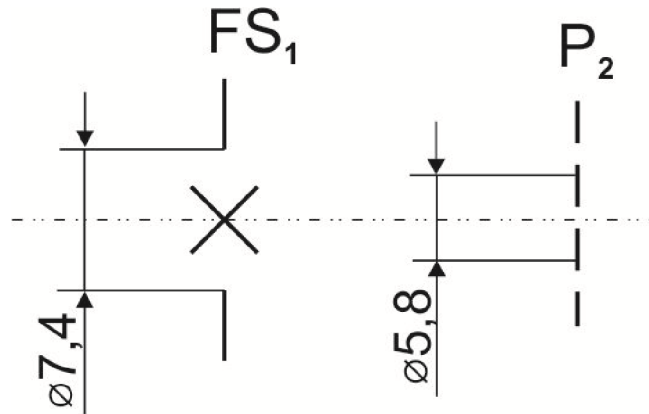


Рис. 4.5. Польова діафрагма й апертурна діафрагма

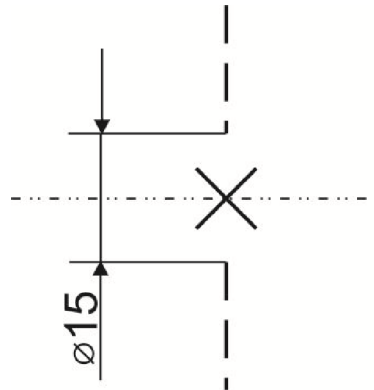


Рис. 4.6. Площина зображення без фізичного отвору

Коли потрібно, то польові діафрагми повинні бути відзначені буквами FS_1 , FS_2 , і т.д., зіниці повинні бути відзначені буквами P_1 , P_2 , і т.д., послідовно з ходом падаючого світла (рис. 4.1, 4.4 і 4.5). Розміри польових діафрагм, зіниць і площин зображення повинні бути показані поруч із діафрагмою, зіницею або площиною зображення (рис. 4.1, 4.4, 4.5 і 4.6).

5. Дефекти матеріалу – Двулучезаломлення, викликуване напругою.

Ця частина ISO - ISO 10110-2 обмовляє позначення допуску на

двулучезаломлення, викликуване напругою, в оптичних елементах, що виготовляються з ізотропного матеріалу.

5.1. Двулучезаломлення, викликуване напругою.

Це результат залишкових напруг усередині скляної заготовки, викликуваних різною швидкістю охолодження в процесі формування й/або процесу відпалу, або деякими процесами виготовлення, що впливають на оптичний елемент ззовні.

ПРИМІТКА: Двулучезаломлення створюється різницею показників заломлення в склі для світла, поляризоване паралельно або перпендикулярно до залишкової напруги. Це може впливати на якість хвильового фронту або на різницю оптичних шляхів світла, що пропускається оптичним елементом.

5.2. Припустиме двулучезаломлення.

Різниця оптичних шляхів (OPD – Optical Path Difference) (S між ортогональними поляризаціями світла, що проходить через товщу зразка, є наслідком двулучезаломлення. Вона визначається в нанометрах по формулі

$$\Delta S = a \cdot \sigma \cdot K,$$

де a - довжина шляху в зразку, (см); σ - залишкова напруга, (Н/мм²); K - різниця між фотопружними постійними, (10⁻⁷ мм² · Н⁻¹).

Викликуване залишковою напругою двулучезаломлення характеризується в термінах різниці оптичних шляхів на одиницю довжини шляху, (нм/см). Запізнювання більш ніж на 20 нм/см на еталонній товщині, загалом, відповідає “сирому” відпаленому склу, у той час як запізнювання менше ніж на 10 нм/см на еталонній товщині відноситься до “тонкого” відпалу й звичайно характерно для точних оптичних елементів.

5.3. Позначення на кресленнях.

Характеристика допуску на двулучезаломлення, викликуване напругою, визначається кодовим номером і величиною максимально припустимої OPD на одиницю довжини шляху.

Кодовим номером двулучезаломлення, викликуваного напругою, є число 0 (нуль).

Позначення вказується у вигляді: $0/A$, де $A = \frac{\Delta S}{a}$ ” представляє максимально припустиме двулучезаломлення, викликуване напругою, у нанометрах на сантиметр оптичної довжини шляху.

Позначення повинне бути записане поблизу оптичного елемента, до якого воно ставиться. Якщо необхідно, то позначення може бути з'єднане з елементом за допомогою лінії-винесення. Краще його поєднувати з іншими позначеннями дефектів матеріалу (пузирністю, неоднорідністю й звилинами; див. ISO 10110-3 і ISO 10110-4) (рис. 5.1).

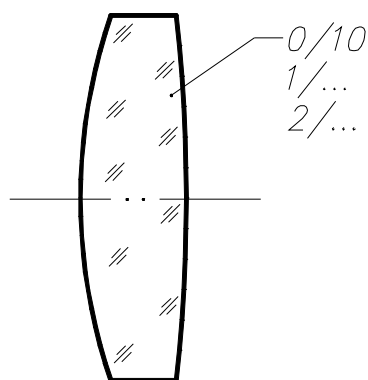


Рис. 5.1. Позначення допуску на двулучезаломлення

Альтернативно, для лінзових елементів, позначення може приводитися в таблиці відповідно до ISO 10110 -10.

На рис. 5.1 показане позначення максимальне припустимого двулучезаломлення, викликуваного напругою, 10 нм/см для лінзового елемента.

У таблиці 5.1 наведені приклади допусків на двулучезаломлення з відповідними областями застосування по ISO 10110, а в таблиці 5.2 за ГОСТ 23136-93.

Таблиця 5.1.

Приклади допусків на двулучезаломлення по ISO 10110

А, нм/см	Позначення	Області застосування
< 2	0/2	Поляризаційні прилади

		Інтерференційні прилади
5	0/5	Точна оптика Астрономічна оптика
10	0/10	Фотографічна оптика Оптика мікроскопів
20	0/20	Лупи Оптика видошукачів
Без вимог	0/-	Освітлювальна оптика

Таблиця 5.2.

Приклади допусків на двулучезаломлення за ГОСТ 23136-93

Категорія	Двулучезаломлення, нм/см, не більш у стеклах з оптичним коефіцієнтом напруги, В			Області застосування
	до 2,0	від 2,0 до 2,8	св. 2,8	
1	1,5	3,0	3,0	Поляризаційні, інтерференційні, астрономічні, дифракційно - обмежені прилади, дзеркала лазерів
2	4,0	3,0	8,0	Фотографічні й кінознімальні об'єктиви, обертальні системи, телефізійні прилади
3	7,0	10,0	13,0	
4	10,0	15,0	20,0	Освітлювальні системи, конденсори, лупи
5	35,0	50,0	65,0	

6. Дефекти матеріалу – Пузири й включення.

Ця частина ISO 10110-3 обмовляє позначення припустимого рівня пузирів і інших включень в оптичних елементах.

6.1. Визначення.

Пузири: Газові порожнечі в об'єму матеріалу, звичайно круглого поперечного перерізу, які іноді з'являються в склі як результат процесу виготовлення.

Інші включення: Усі локалізовані в об'єму матеріалу дефекти в основному круглого поперечного перерізу, включаючи вузлові звили, невеликі камені, піщини й кристали.

6.2. Припустимі пухирі й включення.

У результаті процесу плавки скла й термообробки, у склі виявляються пухирі й інші включення, розподілені приблизно в постійній кількості на одиниці об'єму скла. Їхнє число залежить від марки скла й методу виготовлення.

Шкідливий вплив пухирів і включень на якість оптичного зображення приблизно пропорційно їх площі проекції поперечного перерізу:

- пухирі й інші включення розсіюють світло пропорційно їх площі;
- поблизу площини зображення пухирі й інші включення небажані через їхню видимість у полі зору.

Із цих причин скло традиційне класифікується по класу пухирності в термінах видимої площі поперечного перерізу пухирів і інших включень на одиниці об'єму скла; проте, ця частина ISO 10110 застосовується до окремих оптичних елементів.

Характеристика пухирів і інших включень, які припустимі в елементі, вказується у вигляді:

$$N \times A,$$

де N - число пухирів і включень максимально припустимого розміру, що приймається до розрахунку;

A - градаційне число, яке представляє величину їх розміру. Воно дорівнює квадратному кореню зі спроектованої площі найбільшого припустимого пухиря й/або включення, вираженого в міліметрах. Кращі величини A зазначені в першому стовпці таблиці 6.1.

Більше число пухирів і інших включень із меншим градаційним числом дозволяється, якщо сума спроектованих площ пухирів і включень не перевершує $N \times A^2$ (= максимальна сумарна площа).

Градаційні числа зазначені в колонках таблиці 6.1, а відповідні коефіцієнти

множення наведені в першому рядку таблиці.

Таблиця показує, наприклад, що шість пузирів градаційного числа 0,10 мають ту ж саму площу, як і один пузир градаційного числа 0,25.

При визначенні числа припустимих пузирів пузирі й інші включення із градаційним числом 0,16А або менше не враховуються. Загальне число припустимих пузирів визначається відповідно до виразу

$$\frac{N_0}{1} + \frac{N_1}{2,5} + \frac{N_2}{6,3} + \frac{N_3}{16} \leq N,$$

де N - число пузирів і включень максимально припустимого розміру, що приймається до розрахунку; N_0 , N_1 , N_2 і N_3 – припустиме число пузирів із градацією з відповідного рядка.

Скупчення пузирів і інших включень не допускаються. Скупчення зустрічаються тоді, коли більш ніж 20% із числа пузирів і інших включень перебувають у будь-яких 5% контрольованій області. Якщо сумарне число пузирів і інших включень менше ніж 10, то тоді 2 або більше пузирів або інших включень, що перебувають в 5% підобласті, утворюють скупчення.

6.3. Позначення на кресленнях.

Позначення пузирів і інших включень, які припустимі в елементі, визначається кодовим номером і числовим виразом.

Кодовим номером пузирів і інших включень є число 1.

Запис проводиться у вигляді : 1/N х А.

Позначення повинне бути записане поблизу оптичного елемента, якого воно стосується. Якщо необхідно, то позначення може бути з'єднане з елементом за допомогою лінії-винесення. Бажано його поєднувати з іншими позначеннями дефектів матеріалу (двулучезаломлення, викликуваного напругою, неоднорідністю й звиланами; див. ISO 10110-2 і ISO 10110-4) (рис. 6.1).

Альтернативно, для лінзових елементів, позначення може приводитися в таблиці відповідно до ISO 10110-10.

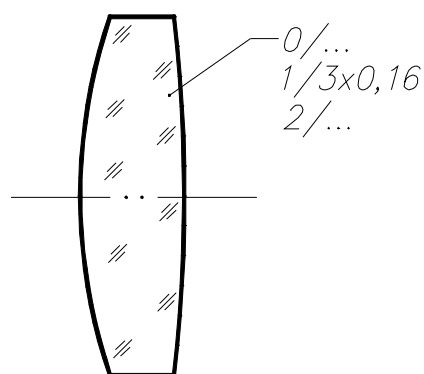


Рис. 6.1. Позначення допуску на пухирі й включення

На мал. 6.1. позначене, що в даному оптичному елементі допускається не більш трьох пухирів і включень розміром 0,16 мм.

У таблиці 6.1 наведені градаційні числа на пухирі й включення по ISO 10110, а в таблиці 6.2. розміри пухирів і включень залежно від категорії за ГОСТ 23136-93.

Скло категорій 1, 1а й 2 використовуються для деталей, розташованих поблизу або безпосередньо в площині зображення. Пузирність категорій 3...5 призначається в аматорських фотоапаратах, біноклях, зорових трубах, тому що пухирі в об'єктивах не виявляють великого впливу на зображення.

Таблиця 6.1.

Градаційні числа на пухирі й включення по ISO 10110

Градаційні числа А, мм			
Коефіцієнти множення			
1 (кращі величини)	2,5	6,3	16
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

Таблиця 6.2.

Розміри пузирів і включень за ГОСТ 23136-93

Пузирність				Включення	
Категорія	Діаметр пузиря, мм	Клас	Середнє число пузирів в 1 кг скла	Категорія	Розмір включення, мм
1	0,002	А	3		
1а	0,05	Б	10		
2	0,1	В	30		
3	0,2	Г	100	1	0,2
4	0,3	Д	300		
5	0,5	Е	1000	2	0,5
6	0,7	Ж	3000		
7	1,0			3	1,0
8	2,0			4	2,0
9	3,0			5	3,0
10	5,0				

7. Дефекти матеріалу – Неоднорідності й звилини.

Ця частина ISO 10110 обмовляє правила позначення припустимих неоднорідностей і звилин в оптичних елементах.

7.1. Визначення.

Неоднорідність: Поступова зміна показника заломлення усередині оптичного елемента, визначене у вигляді різниці між максимальною й мінімальною величинами показника заломлення усередині елемента. Неоднорідність викликається зміною хімічного складу й іншими ефектами усередині маси матеріалу.

Звилина: Неоднорідності, що мають невеликі просторові розміри. Звилина може виглядати у формі різко обмежених ниткоподібних областей, особливо, коли скло виготовляється методом плавки в глиняному горщику. Метод плавлення у ванні, який може викликати стрічкообразну структуру звилін, є більш звичайним при виробництві оптичного скла.

7.2. Класи неоднорідності й звилін.

Безконтактне вимірювання неоднорідності усередині оптичного елемента, як правило, є дуже важким завданням. Тому характеристика класу однорідності оптичного елемента дуже корисна при виборі сировинного матеріалу. Для характеристики неоднорідності встановлюється шість класів. Їм відповідають припустимі зміни показника заломлення усередині оптичного елемента. Їх величини приводяться в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1.

Класи неоднорідності

Клас	Максимально припустима зміна показника заломлення усередині деталі $\times 10^{-6}$
0	± 50
1	± 20
2	± 5
3	± 2
4	± 1
5	$\pm 0,5$

Звилини підрозділяються на п'ять характерних класів. Для класів 1...4 звили враховуються тільки, якщо вони викликають різницю оптичних шляхів ΔS не менш 30 нм. При цій умові звилини можуть контролюватися й класифікуватися по їхній площі, спроектованій перпендикулярно оптичному шляху, що проходить через елемент. Клас 5 допускає також характеристику допусків на звили, що викликають різницю оптичних шляхів меншу, чим 30 нм.

Класи 1...4 відносяться до щільності звилін, яка визначається у вигляді

відносини ефективної спроектованої площі звилин до площі контрольованої області. Величини приводяться в таблиці 7.2.

Клас 5 застосовується до оптичних елементів з дуже високими вимогами по якості. Обмеження звилинами, що перевищують 30 нм різниці оптичних шляхів, у цьому випадку не застосовне. Слід зазначити, що для дуже слабких звилин характеристика максимальної щільності не годиться.

Звилини, що викликають різницю оптичних шляхів $\Delta S > 150$ нм в оптичних стеклах і скляних фільтрах звичайно не зустрічається.

Таблиця 7.2.

Клас звилин

Клас	Щільність звилин, що викликають різницю оптичних шляхів не менш 30 нм, (%)
1	≤ 10
2	≤ 5
3	≤ 2
4	≤ 1
5	Екстремально вільний від звилин. Обмеження для звилин, що перевершують 30 нм, не застосовується. Додаткова інформація приводиться в примітці до креслення.

7.3. Позначення на кресленнях.

Ці дефекти матеріалу позначаються на кресленнях кодовим номером, косим штрихом, і номерами класів неоднорідності й звилин.

Кодовим номером неоднорідностей і звилин є число 2.

Позначення записується в такий спосіб: 2/A; B

де А представляє номер класу неоднорідності, відповідний до таблиці 7.1, а В представляє номер класу звилин, відповідний до таблиці 7.2.

Якщо характеристика однорідності не потрібна, то замість А застосовується риска.

Якщо характеристика звилин не потрібна, то замість В застосовується риска.

Позначення повинне записуватися поблизу оптичного елемента, до якого

воно відноситься. Якщо необхідно, то позначення може з'єднуватися з елементом за допомогою лінії-винесення. Бажано поєднувати його з іншими позначеннями дефектів матеріалу (двулучезаломлення, викликуване напругою, і пузирі, див. ISO 10110-2 і ISO 10110-3) (рис. 7.1).

Альтернативно, для лінзових елементів позначення може приводитися в таблиці відповідно до ISO 10110-10.

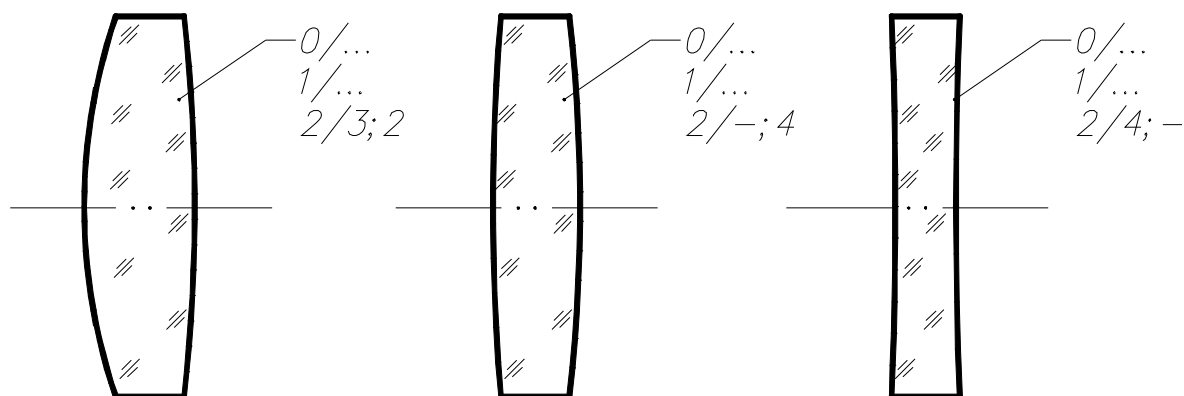


Рис. 7.1. Позначення допуску на неоднорідність і звилени

Під однорідністю партії по показникові переломлення й середньої дисперсії в ГОСТ 23136-93 розуміють однаковість їх значень у всіх заготовках партії. Установлено чотири класи однорідності партії заготовок по показникові переломлення n_e і два класи однорідності партії по середній дисперсії $n_{F'} - n_{C'}$ (табл. 7.3).

Таблица 7.3.

Класи однорідності по показникові заломлення й середньої дисперсії

Нормований параметр	Найбільша різниця в партії			
	Класи			
	А	Б	В	Г
Показник заломлення $n_e \times 10^{-4}$	0,2	0,5	1,0	У межах категорії
Середня дисперсія $(n_{F'} - n_{C'}) \times 10^{-5}$	-	-	1,0	

Відповідно до ГОСТ 23136-93 для оптичного безбарвного скла встановлено дві категорії звильності (таблиця 7.4). Залежно від числа напрямків перегляду, у яких заготовка скла повинна відповідати зазначеній категорії, встановлено два класи звильності (таблиця 7.5).

Таблиця 7.4.

Категорії звильності оптичного скла за ГОСТ 23136-93

Категорія	Характеристика звильності
1	Не допускаються звиліни, що виявляються при перегляді на установках, градуйованих по контрольному зразкові порівняння 1-й категорії за ОСТ3521-81 або за зразком порівняння для інфрачервоної області.
2	Не допускаються звиліни, що виявляються при перегляді на установках, градуйованих по контрольному зразкові порівняння 2-й категорії за ОСТ3521-81 або за зразком порівняння для інфрачервоної області.

Таблиця 7.5.

Класи звильності оптичного скла за ГОСТ 23136-93

Клас	Число напрямків для перегляду
А	Два взаємно перпендикулярні
Б	Одне

8. Допуски на форму поверхні.

Ця частина ISO 10110-5 обмовляє правила позначення допусків на форму поверхні. Для характеристики допусків використовується термінологія інтерферометрії. Ця частина ISO 10110 застосовується до поверхонь як сферичної, так і асферичної форми.

8.1. Визначення.

8.1.1. Відхилення форми поверхні: Відстань між контрольованою

оптичною поверхнею й номінальною теоретичною поверхнею, вимірюване перпендикулярно теоретичній поверхні, яка звичайно паралельна поверхні, що контролюється. Для цілей контролю необхідна теоретична поверхня може бути представлена за допомогою контрольного скла, інтерферометричної еталонної поверхні або іншого способу, що вимірює відхилення з достатньою точністю.

8.1.2. Розмах (PV) різниці [peak-to-valley (PV) difference] (між двома поверхнями): Максимальна відстань мінус мінімальна відстань між поверхнями. У випадку, коли мінімальна відстань між поверхнями є негативним числом, знак повинен бути врахований при підрахунку PV різниці.

8.1.3. Одиниця інтервалу інтерференційної смуги: Відхилення форми поверхні рівне половині довжини хвилі світла. Коли поверхня контролюється інтерферометричним методом, відхилення форми поверхні в половину довжини хвилі світла викликає інтерференційну картину, у якій інтенсивність змінюється від однієї яскравої інтерференційної смуги до наступної, або від однієї темної інтерференційної смуги до наступної - тобто спостерігається один “інтервал інтерференційної смуги”.

8.1.4. Функція сумарного відхилення поверхні: Теоретична поверхня, яка визначається по різниці між реальною поверхнею й бажаною теоретичною поверхнею.

8.1.5. Найближча сферична поверхня: Сферична поверхня, для якої середньоквадратична (rms) різниця для функції сумарного відхилення поверхні є мінімальною.

8.1.6. Помилка стрілки (sagitta error): Розмах різниці між найближчою сферичною поверхнею й площиною.

8.1.7. Функція нерегулярності: Теоретична поверхня, яка визначається по різниці між функцією сумарного відхилення поверхні й найближчою сферичною поверхнею.

8.1.8. Нерегулярність: Розмах (PV) різниці між функцією нерегулярності й площиною, яка найкраще наближається до неї. Для номінальних сферичних

поверхонь нерегулярність представляє відхилення поверхні від сферичності. Для асферичних поверхонь нерегулярність представляє сферичну частину функції сумарного відхилення поверхні.

8.1.9. Найближча асферична поверхня: Поверхня, що має симетрію обертання, для якої середньоквадратична (rms) різниця функції нерегулярності мінімальна.

8.1.10. Нерегулярність, що має симетрію обертання: Розмах (PV) різниці між найближчою асферичною поверхнею й площиною, яка найбільше наближається до неї.

8.1.11. Сумарне середньоквадратичне (rms) відхилення, RMSt: Середньоквадратична різниця між контрольованою оптичною поверхнею й бажаною теоретичною поверхнею, без вирахування будь-якого типу відхилення форми поверхні.

8.1.12. Середньоквадратична (rms) нерегулярність, RMSi: Середньоквадратична величина функції нерегулярності, обумовлена функцією нерегулярності.

8.1.13. Середньоквадратична (rms) асиметрія, RMSa: Середньоквадратична величина різниці між функцією нерегулярності й найближчою асферичною поверхнею.

8.2. Позначення на кресленнях.

Допуск на форму поверхні позначається кодовим номером і позначеннями допусків для помилки стрілки, нерегулярності; нерегулярності, що має симетрію обертання, і типів середньоквадратичного (rms) відхилення, відповідно.

Кодовим номером допуску на форму поверхні є число 3.

Позначення повинне мати одну із трьох форм: $3/A(B/C)$;
або $3/A(B/C) \text{ RMS}_x < D$ (де x є однієї з букв t , i або a);
або $3/- \text{ RMS}_x < D$ (де x є однієї з букв t , i або a).

Величина A є або:

1) максимально припустимою помилкою стрілки, як визначається в 8.1.6,

вираженою в інтервалах інтерференційних смуг; або

2) рискою (-), що позначає, що сумарний допуск на радіус кривизни наведений на розмірі радіуса кривизни (для плоских поверхонь не застосовується).

Величина В є або:

1) максимально припустимою величиною нерегулярності, як визначається в 8.1.8, що виражається в інтервалах інтерференційних смуг; або

2) рискою (-), що позначає, що точний допуск на нерегулярність не приводиться.

Величина С є припустимою нерегулярністю, що має симетрію обертання, що виражається в інтервалах інтерференційних смуг, як визначається в 8.1.10. Якщо допуск не приводиться, то коса риска (/) замінюється кінцевою круглою дужкою, тобто $3/A(B)$.

Якщо допуск не приводиться для всіх трьох типів відхилення, то тоді А, В, С, коса риска (/) і круглі дужки замінюються єдиною рискою (-), тобто $3/-$.

Величина D є максимально припустимою величиною середньоквадратичної (rms) величини типу, характеризуемого знаком х, де знак х є однієї з букв t, і або а. Ці відхилення визначаються в 8.1.11 ...8.1.13. Характеристика більш ніж одного типу середньоквадратического (rms) відхилення є припустимою. Ці характеристики повинні розділятися крапкою з комою, як показано в прикладі 5.

Позначення повинне бути показане у зв'язку з виносною лінією до поверхні, до якої вона ставиться, і повинне поєднуватися з помилками центрування й дефектами поверхні.

Альтернативно, для лінзових елементів позначення може **приводитися** в таблиці відповідно до ISO 10110-10.

8.3. Зв'язок між допуском на помилку стрілки й допуском на радіус кривизни.

Максимально припустиме число інтервалів інтерференційних кілець, відповідне до розміру допуску на радіус кривизни, встановлюється наступною формулою, з урахуванням того, що відношення R/R_A є малим:

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

де: R – радіус кривизни; (ΔR – допуск на радіус кривизни; ($\varnothing$ - світловий діаметр; λ – довжина хвилі (звичайно 546 нм).

8.4. Приклади позначення допусків.

ПРИКЛАД 1

3/3 (1)

Допуск на помилку стрілки дорівнює 3 інтервалам інтерференційних смуг. Нерегулярність не може перевершувати 1 інтервал інтерференційної смуги.

ПРИКЛАД 2

3/5 (-) RMS: < 0,05

Допуск на помилку стрілки дорівнює 5 інтервалам інтерференційних смуг. Відповідні допуски не приводяться для нерегулярності або нерегулярності симетрією, що має, обертання, але середнеквадратична (rms) величина нерегулярності не може перевищувати 0,05 інтервалу інтерференційної смуги.

ПРИКЛАД 3

3/3 (1/0,5) (усі $\varnothing$ 20)

Допуск на помилку стрілки дорівнює 3 інтервалам інтерференційних смуг. Сумарна нерівність не може перевершувати 1 інтервал інтерференційної смуги. Нерегулярність, що має симетрією обертання, не може перевершувати 0,5 інтервалу інтерференційної смуги. Ці допуски застосовуються до всіх можливих зон контролю діаметром 20 мм усередині загальної області контролю.

ПРИКЛАД 4

3/ - (1)

Характерний допуск на помилку стрілки не приводиться; допуск на радіус кривизни зазначений на позначенні радіуса кривизни. Сумарна нерегулярність не може перевершувати 1 інтервал інтерференційної полоси.

Якщо допуск на радіус кривизни не визначений, то тоді застосовується ISO 10110-11 (таблиця 14.1).

ПРИКЛАД 5

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

Характерний допуск на помилку стрілки, нерегулярність або нерегулярність, що має симетрією обертання, не приводиться; допуск на радіус кривизни зазначений у позначенні радіуса кривизни; проте, коли поверхня порівнюється з бажаною теоретичною поверхнею, сумарне середньквдратичное (rms) відхилення повинне бути менше, чим 0,07 інтервалу інтерференційної смуги, а середньквдратична (rms) асиметрія – менше, чим 0,035 інтервалу інтерференційної смуги.

9. Допуски на центрування.

Ця частина ISO 10110-6 обмовляє правила позначення допусків на центрування оптичних елементів, вузлів і складань. Вони застосовуються тільки до оптичних систем, що володіють симетрією обертання.

9.1. Визначення.

9.1.1. Оптична система: Оптичний елемент, вузол або прилад.

9.1.2. Оптична вісь (оптичної системи): Теоретична вісь, навколо якої оптична система має номінально симетрію обертання. Виключення: відхиляючі елементи й системи, такі як плоскі дзеркала, призми та інші.

9.1.3. Базова вісь: Вісь, обирається з урахуванням специфічних особливостей оптичної системи.

9.1.4. Базова крапка: Характерна крапка на базовій осі.

9.1.5. Кут нахилу сферичної поверхні: Кут між базовою віссю й нормаллю до поверхні в крапці перетинання її з базовою віссю (див. рис. 9.1).

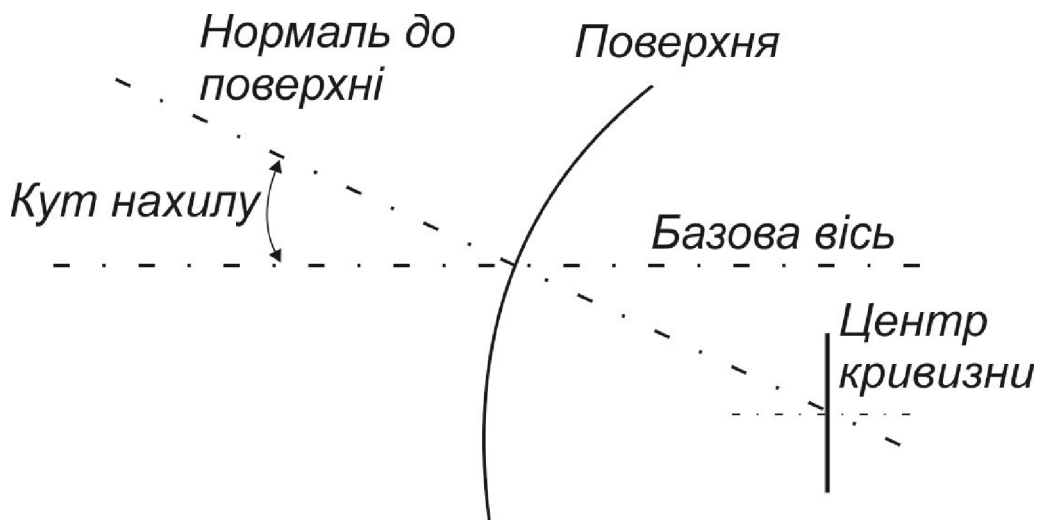


Рис. 9.1. Кут нахилу сферичної поверхні

9.1.6. Кут нахилу асферичної поверхні: Кут між віссю обертання й базовою віссю деталі, вузла або системи, до якої відноситься асферична поверхня.

9.1.7. Поперечний зсув асферичної поверхні: Відстань від точки симетрії обертання асферичної поверхні до базової осі.

9.1.8. Кут нахилу оптичного елемента або вузла: Кут між базовою віссю елемента або вузла й базовою віссю системи, частиною якої є елемент або вузол (див. рис. 9.2).

9.1.9. Поперечний зсув оптичного елемента або вузла: Відстань між базовою віссю елемента або вузла й базовою віссю системи, частиною якої є елемент або вузол, вимірюване від базової точки вузла (див. рис. 9.2).

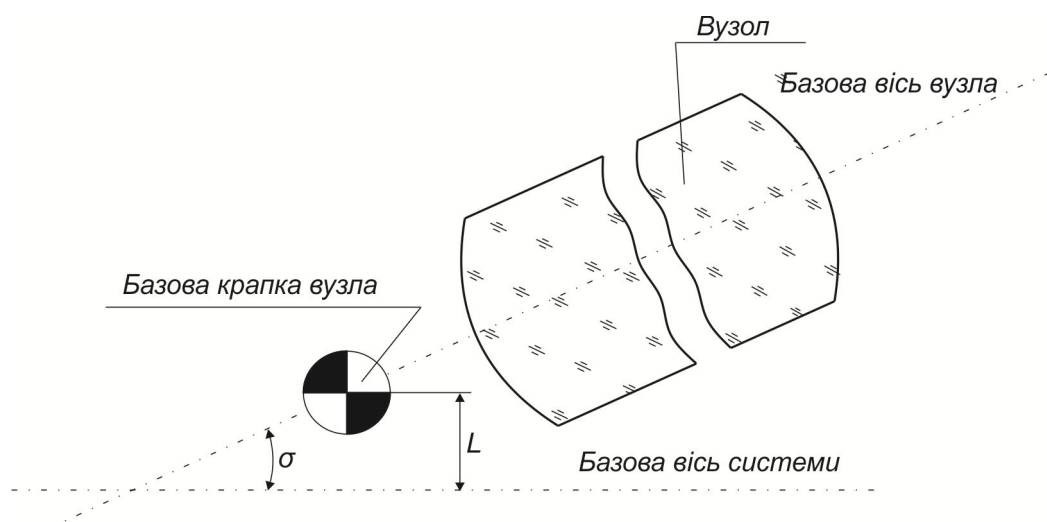


Рис. 9.2. Кут нахилу й поперечний зсув оптичного вузла
(σ - кут нахилу; L – поперечний зсув)

9.2. Характеристика допусків на центрування.

Для окремих сферичних поверхонь повинен бути зазначений максимально припустимий кут нахилу (σ) щодо базової осі відповідно до 9.1.5.

Для окремих асферичних поверхонь повинні бути зазначені максимально припустимі величини кута нахилу (σ), як визначено в 9.1.6, і поперечного зсуву (L), як визначено в 9.1.7.

Якщо асферична дія поверхні є невеликою в порівнянні зі сферичною силою, то допуск на центрування може бути зоговорено відповідно до 9.1.5, тобто так, якби вона була сферичної поверхню.

Для оптичних елементів і вузлів повинні бути зазначені максимально припустимі величини кута нахилу (σ), як визначено в 9.1.8, і поперечний зсув (L), як визначено в 9.1.9.

Для склеєних оптичних складань можна точно визначити допуск на клиновий кут шару клею.

Допуски на центрування поверхонь оптичних елементів, які не мають оптичних функцій (такі як циліндричний край) повинні бути охарактеризовані відповідно до правил, застережених в ISO 1101 (див. мал. 9.14 і 9.15).

9.3. Позначення на кресленні.

9.3.1. Базова вісь.

Базова вісь вказується шляхом застосування базових трикутників до одній або двом деталям відповідно до ISO 1101. Вони позначаються заголовними римськими буквами [див., наприклад, рис. 9.3 а) і 9.4].

На кресленнях, на яких вказуються допуски на центрування окремих поверхонь, існують два випадки, при яких базову вісь немає необхідності вказувати:

- базова вісь визначається зовнішнім циліндром елемента [див. рис. 9.3 б)];

- базова вісь визначається центром кривизни поверхні й розположеною у середині крапкою цієї поверхні [див. рис. 9.5 б)].

9.3.2. Базова крапка.

Базова крапка повинна бути зазначена наступним символом:



Базову крапку немає необхідності вказувати, якщо вона збігається із крапкою перетинання базової осі й першої (уважаючи в напрямку світла) оптичної поверхні оптичної системи, до якої вона ставиться.

Для одиночних, що мають симетрією обертання, асферичних поверхонь базова крапка збігається із крапкою симетрії поверхні; вказувати її немає необхідності.

9.3.3. Допуск на центрування.

Позначення допусків на центрування складається з кодового номера, однієї або двох величин допуску й, якщо необхідно (див. рис. 9.17), посилання на елементи базової осі.

Для позначення кутових допусків клина клею трикутний дельта символ (Δ) повинен передувати величині допуску.

Кодовим номером допусків на центрировку є число 4.

Структура позначення: позначення повинне мати одну з наступних форм:

$$4/\sigma \text{ або,}$$

$$4/\sigma(L) \text{ або,}$$

$$4/\Delta\tau,$$

де σ представляє максимально припустимий кут нахилу, L - максимально припустимий поперечний зсув, і τ (наступне за трикутним символом Δ) - максимально припустимий кут клина клею.

Допуски на центрування ставляться до базової осі оптичного елемента або вузла. Якщо на кресленні вказується більш ніж одна базова вісь, то довідкові букви відповідної базової осі повинні бути добавлені до величин допусків (див.

рис. 9.17).

Величини допусків повинні бути зазначені у кутових хвилинах [$'$] або кутових секундах [$''$] дуги для кутових розмірів і в міліметрах для лінійних розмірів.

9.4. Розташування.

Позначення повинне бути показане в з'єднанні з лінією-винесенням до поверхні або оптичної системи, до якої воно ставиться (див. рис. 9.3...9.7).

Для поверхонь кращим методом є об'єднання позначення з позначеннями допусків на форму поверхні й допусками на дефекти поверхні.

На кресленнях оптичних схем допуски на центрування можуть бути зазначені в таблиці; якщо базова вісь не вказується, то всі допуски на центрування ставляться до теоретичної оптичної осі.

9.5. Приклади

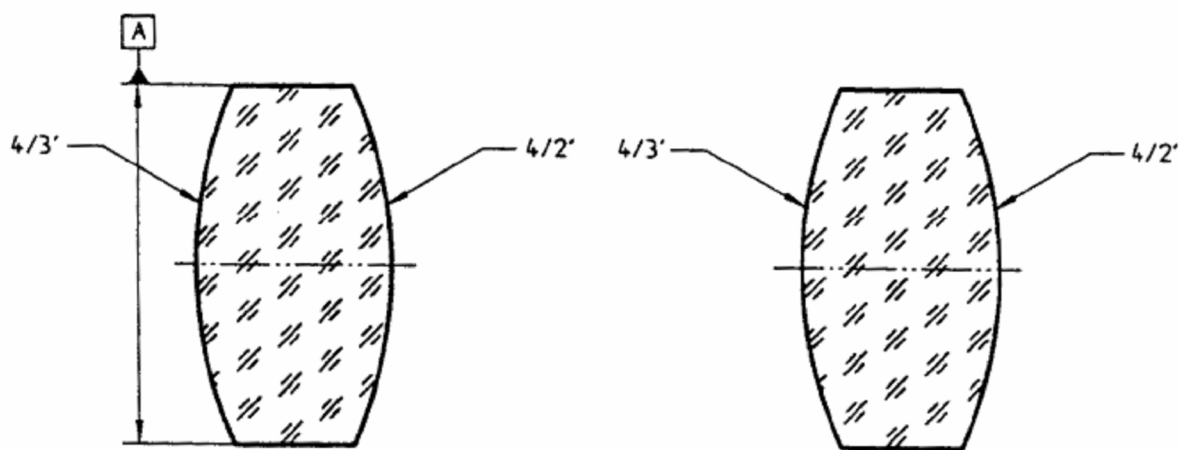
Приклади одиночних елементів показані на рис. 9.3...9.7, 9.14 і 9.15; для вузлів і складань на рис. 9.8...9.13 і на рис. 9.16 і 9.17.

На рис. 9.3 а) базовою віссю є вісь зовнішнього циліндра (ця вісь рекомендується тільки тоді, коли товщина по краю елемента є достатньою). Якщо базова вісь не позначена й допуски на кут нахилу обох оптично діючих поверхонь є точно визначеними [див. рис. 9.3 б)], то тоді базова вісь є віссю зовнішнього циліндра.

Базова вісь, показана на рис. 9.4, є лінією, що з'єднує центр кривизни лівої поверхні й центральну крапку поперечного переріза В.

На рис. 9.5 а) базова вісь є лінією, що з'єднує центр кривизни й центральну крапку лівої поверхні. Якщо базова вісь не позначена, а точно визначений тільки один допуск на кут нахилу [як на рис. 9.5 б)], то базова вісь визначається як на рис. 9.5 а).

На ри. 9.6 базова вісь перпендикулярна до площини В и проходить через центральну крапку лівої поверхні.



а) точне позначення

б) скорочене позначення

Рис. 9.3. Базова вісь, обумовлена бічним циліндром

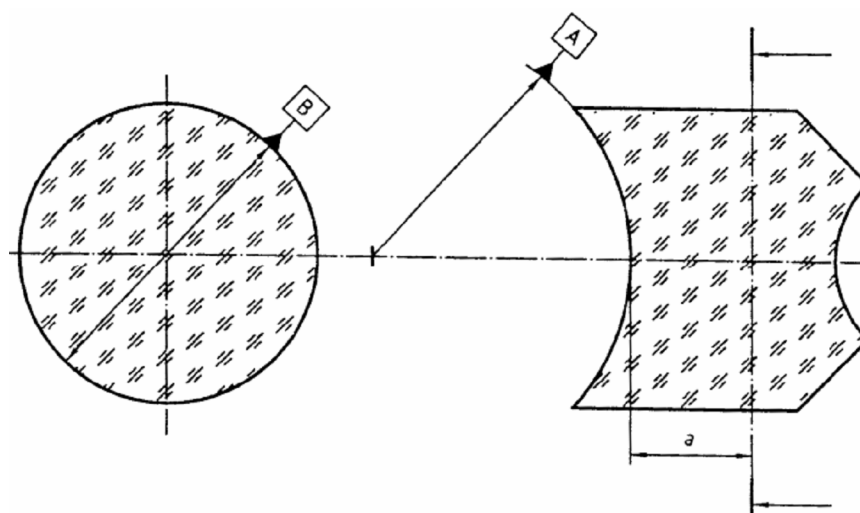
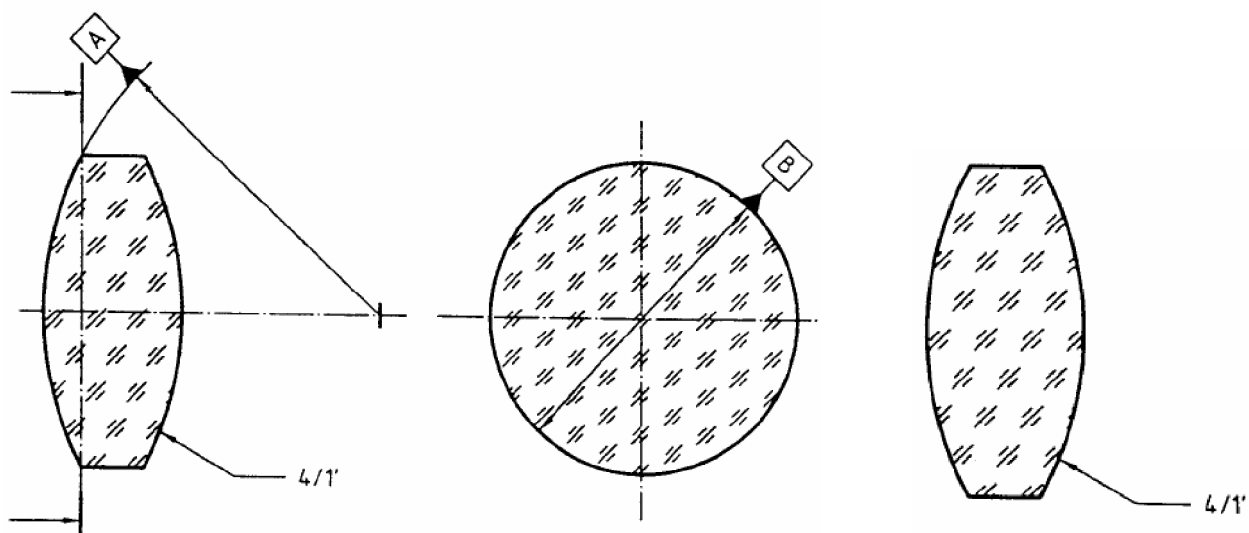


Рис. 9.4. Базова вісь, обумовлена центром кривизни поверхні й центром позначеного поперечного переріза



а) точне позначення

б) скорочене позначення

Рис. 9.5. Базова вісь, обумовлена центром кривизни й центральною крапкою тієї ж самої поверхні

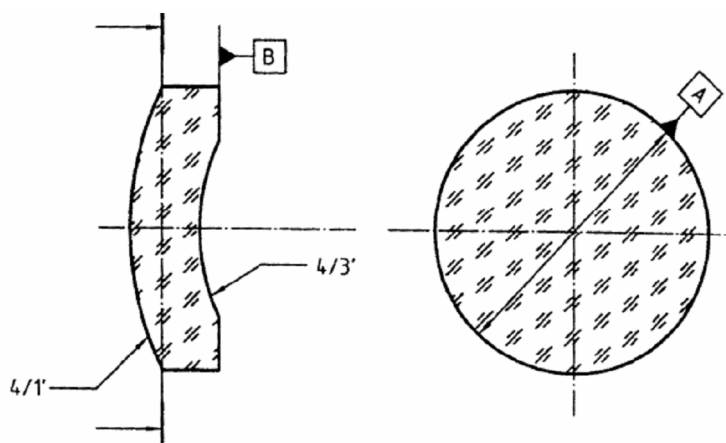


Рис. 9.6. Базова вісь, обумовлена площиною й центральною крапкою оптично діючої поверхні

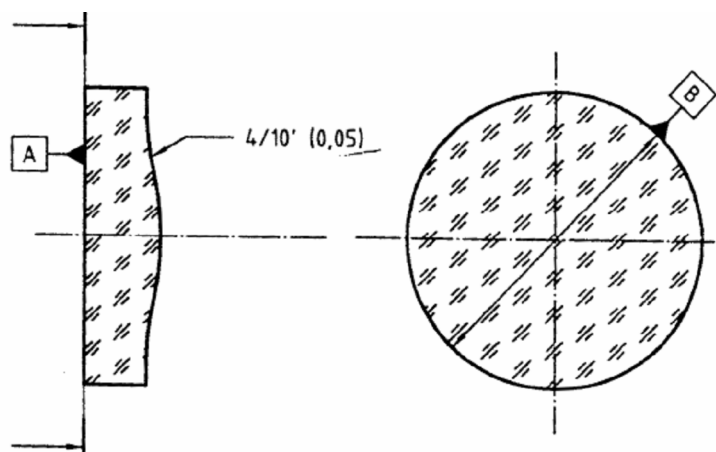


Рис. 9.7. Допуск на центровку асферичної поверхні

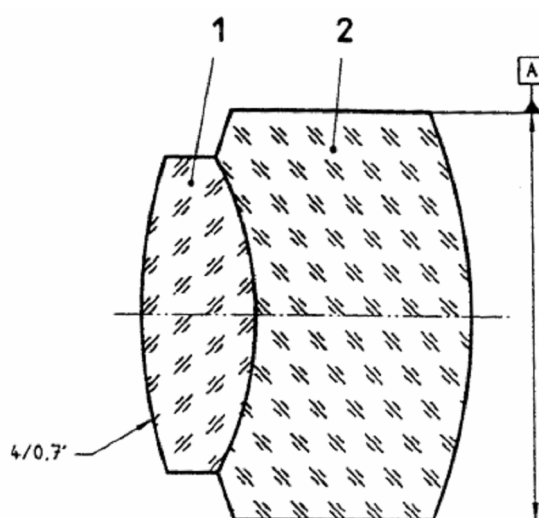
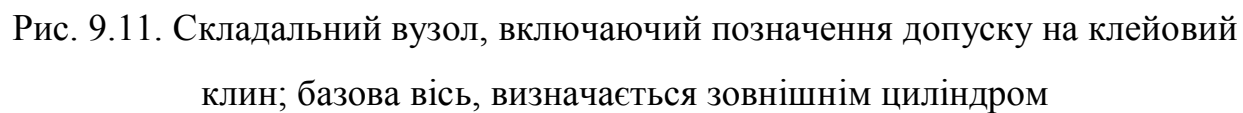
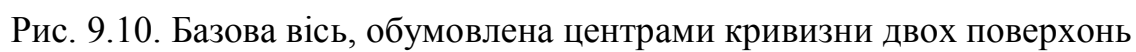
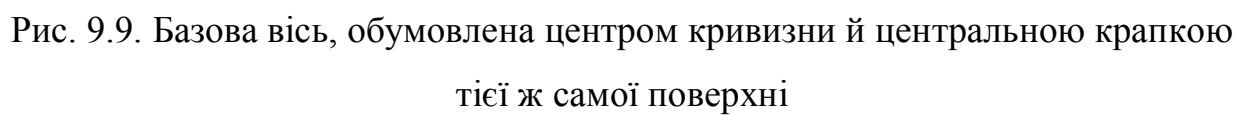


Рис. 9.8. Базова вісь, обумовлена зовнішнім циліндром



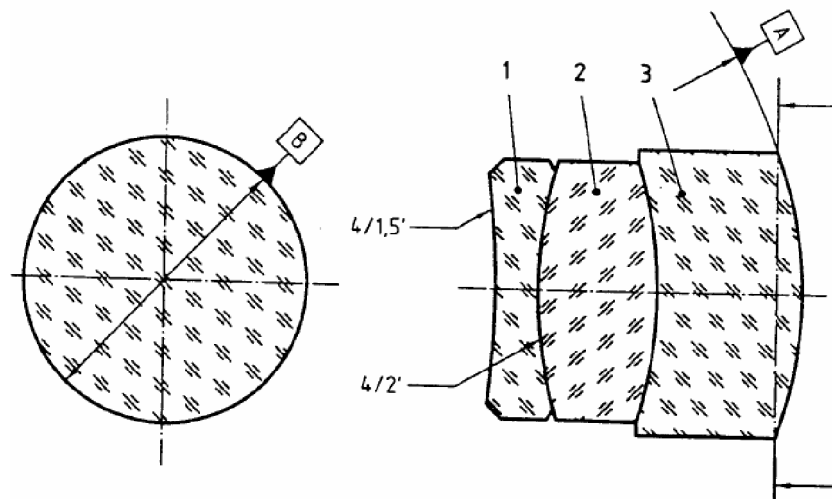


Рис. 9.12. Базова вісь, обумовлена центром кривизни й центральною крапкою тієї ж самої поверхні

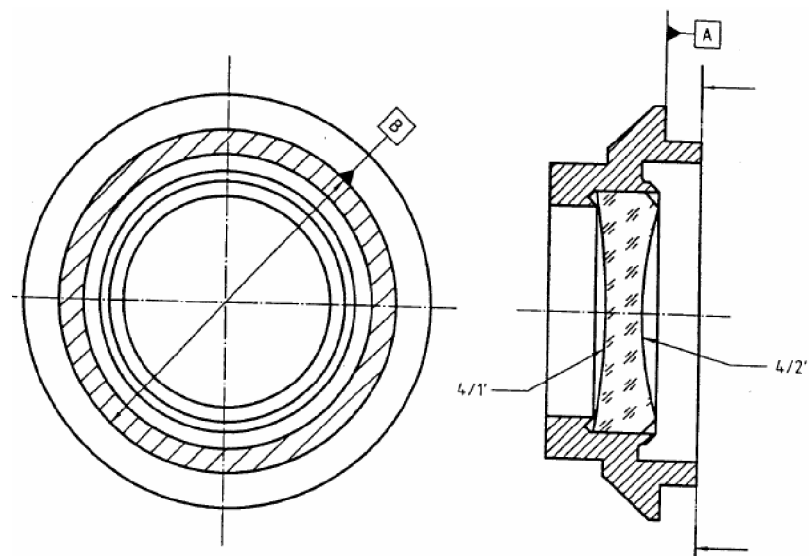


Рис. 9.13. Базова вісь, обумовлена механічними елементами

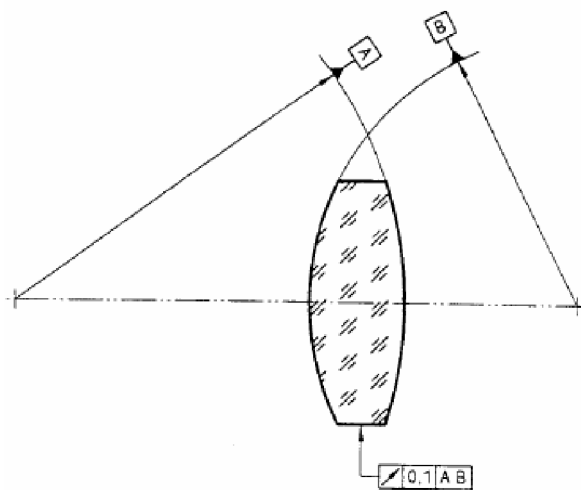


Рис. 9.14. Позначення допуску на центрування поверхні без оптичної функції

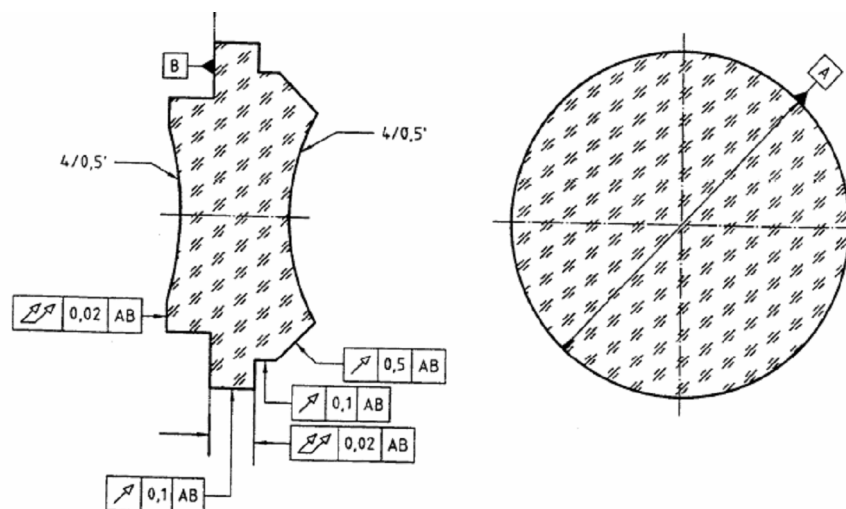


Рис. 9.15. Позначення допуску на центрування поверхонь із і без оптичної функції

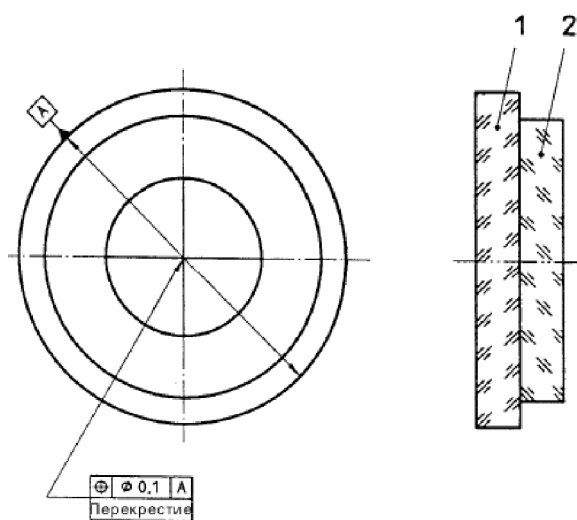


Рис. 9.16. Позначення допуску на центрування окулярної сітки (перехрестя)

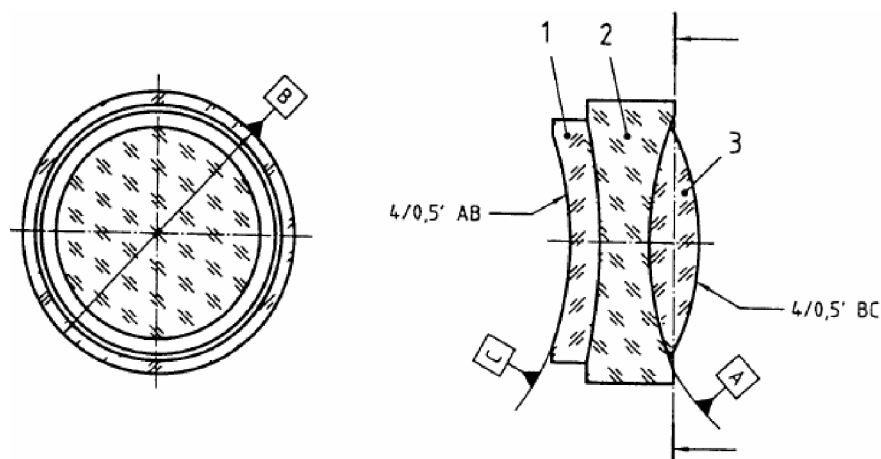


Рис. 9.17. Позначення допуску на центрування склеєного елемента, щодо двох різних базових осей

10. Допуски на дефекти поверхні.

Ця частина ISO 10110 обмовляє правила позначення припустимого рівня дефектів поверхні (подряпини, проколи, сліди затискача, зовнішні дефекти обробки й ін.) усередині світлового отвору присутніх на оптичних поверхнях окремих оптичних елементів. Вказується також і метод визначення розміру припустимих виколів.

10.1. Визначення.

10.1.1. Дефекти поверхні: Дефекти, локалізовані усередині оптично діючого отвору поверхні, отримані в результаті некоректної обробки під час або після процесу виготовлення.

Прикладами дефектів поверхні є: подряпини, проколи, прополірованні пазури, прожилки, подряпини й сліди затискача. Сюди також включені й наявні зовнішні дефекти обробки, такі як сірі плями, зафарбовування, які поглинають або відбивають світло інакше, чим решта покриття.

10.1.2. Довгі подряпини: Тонкі дефекти поверхні з довжиною більше 2 мм.

10.1.3. Викили: Дефекти, зосереджені на периферії елемента.

10.2. Позначення на кресленнях.

Позначення припустимих дефектів поверхні визначається кодовим номером і числовим значенням. Кодовим номером дефектів поверхні є цифра 5.

Числові значення залежать від використовуваного методу (Методу I або Методу II).

10.2.1. Метод I – Метод, що затемнюється або виробляючий враження затемненої зони.

10.2.1.1. Основні дефекти поверхні. У Методі I позначення на кресленні припустимого числа й розміру основних дефектів поверхні в оптично діючій отворі поверхні, має вигляд

$$5/N \times A$$

Позначення у формі $N \times A$ визначає число, N припустимих дефектів поверхні максимально прийнятного розміру й еталонний клас, A , який дорівнює квадратному кореню із площі поверхні максимально припустимого дефекту, у

міліметрах. Рекомендовані значення А дані в першому стовпці в таблиці 10.1.

10.2.1.2. Зовнішні дефекти обробки. Можлива більш точна вказівка допустимого рівня зовнішніх дефектів обробки окремо від основних дефектів поверхні, якщо необхідно.

Продовженням позначення основних дефектів поверхні й відділених від нього крапкою з комою є позначення зовнішніх дефектів обробки, припустимих в оптично діючій отворі, у вигляді:

$$CN' \times A',$$

де С позначає зовнішні дефекти обробки, N' - число зовнішніх дефектів максимально припустимого розміру, що дозволяється й A' - еталонний клас, як визначено в 10.2.1.1.

Позначення дефектів поверхні, включаючи зовнішні дефекти обробки, має вигляд:

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

Якщо ніякого окремого позначення зовнішніх дефектів обробки не зазначене, то воно включене в прийняте позначення припустимих основних дефектів поверхні:

$$5/N \times A.$$

10.2.1.3. Довгі подряпини. Продовженням позначення основних дефектів поверхні (і зовнішніх дефектів обробки, при нагоді) і відділеним від нього крапкою з комою є позначення довгих подряпин (з максимальною довжиною 2 мм), які допускаються в оптично діючій отворі поверхні:

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

де L позначає довгі подряпини, N'' - припустиме число довгих подряпин і еталонний клас A'', уточнює максимально можливу ширину подряпин, у міліметрах.

Позначення дефектів поверхні, включаючи зовнішні дефекти обробки й довгі подряпини, має вигляд:

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

10.2.1.4. Виколки

Продовженням позначення основних дефектів поверхні (і зовнішніх дефектів обробки й/або довгих подряпин, при нагоді) і відділеним від нього крапкою з комою є позначення припустимих выколов у вигляді

$$EA'''$$

де Е позначає выколки, а еталонний клас A''' уточнює максимально допустиму довжину однієї выколки від фізичного краю поверхні вимірюваного елемента паралельно поверхні, у міліметрах. Допускається будь-яке число выколов, аби тільки їхня довжина, починаючи від краю, не перевищувала інтервалу A''' .

Повне позначення дефектів поверхні, включаючи зовнішні дефекти обробки, довгі подряпини й выколки, має вигляд:

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

10.2.1.5. Підрозділення

Дозволяється набагато більше число основних дефектів поверхні (включаючи зовнішні дефекти обробки) при меншому еталонному класі, якщо сума їх площ не перевищує сумарну максимальну площу:

$N \times A^2$ для основних дефектів по-верхности;

$N' \times A'^2$ для зовнішніх дефектів обробки.

Еталонні класи дані в стовпцях таблиці 10.1, а відповідні коефіцієнти множення - у першому рядку таблиці.

Таблиця 10.1 показує, наприклад, що шість дефектів поверхні еталонного класу 0,10 мають таку ж площу, що й один дефект поверхні еталонного класу 0,25.

При визначенні числа припустимих дефектів поверхні не враховуються ті з них, які мають еталонний клас 0,16А або менш.

Допускається більше число довгих подряпин за умови, що їх сумарна ширина не перевищує $N'' \cdot A''$. При обчисленні цієї суми не враховуються подряпини,

ширина яких менш 0,3А".

10.2.1.6. Скупчення.

Скупчення дефектів не допускається. Скупченням вважається, коли більш 20% числа припустимих дефектів перебуває в 5% випробуваної зони. Якщо загальне число дефектів поверхні менше 10, то два дефекти або більше, що перебувають в 5%-ій зоні, вважаються скупченням.

10.2.2. Метод II – Метод видности .

У Методі II зазнає контролю весь оптичний елемент. Дефекти всіх використовуваних оптичних поверхонь, як так само й дефекти матеріалів (пузирі й інші включення) спостерігаються одночасно.

10.2.2.1. Основні дефекти поверхні.

Позначення на кресленні видности дефектів поверхні оптичного елемента, обумовлених Методом II, має вигляд або

5/TV, або

5/RV

де Т або R є позначеннями, що позначають випробування на просвіт або відбиття, а V – номер класу видности, згідно з таблицями 10.2. і 10.3. (Два позначення “Т” і “R” застосовуються у випадку поверхні з подвійною дією, як дільник променів). Число V є цілим числом і мінливим від 1 до 5 у послідовності строгого зростання (від 1 до 5) через дефекти поверхні елемента.

10.2.2.2. Виколки.

Продовженням позначення дефектів поверхні по методу видности (дивися 10.2.1.4.) і відділеним від нього крапкою з комою є позначення припустимих виколоч, обумовлене як і в Методі I у вигляді

EA"

де E позначає виколки, а еталонний клас А" (уточнює максимально можливу довжину однієї виколки від фізичного краю поверхні вимірюваного елемента паралельно поверхні, у міліметрах. Допускається будь-яке число виколоч, аби тільки їхня довжина, починаючи від краю, не перевищувала А".

Повне позначення дефектів поверхні, включаючи виколки, по Методу II має

ВИГЛЯД

5/TV; EA" або

5/RV; EA"

10.3. Розміщення.

Позначення повинне бути записане поблизу поверхні, до якої воно відноситься. Якщо необхідно, позначення може бути з'єднане з елементом виносною лінією. Бажано його об'єднати з іншими позначеннями допусків на поверхню (допуск на форму поверхні й допуск на центрування).

Позначення може бути дане також у вигляді таблиці, відповідно до ISO 10110-10:1996.

Якщо два або більш оптичних елемента повинні бути склеєні (або з'єднані за рахунок оптичного контакту), то допуски на дефекти поверхонь, зазначені для окремих елементів, поширюються так само, за винятком протилежних вказівок, на поверхні оптичного складання, тобто після склеювання (або оптичного контакту).

Таблиця 10.1.

Рекомендовані значення й коефіцієнти підрозділів для дефектів
поверхні відповідно до Методу I

	Коефіцієнти множення			
	1 (рекомендовані значення)	2,5	6,3	16
і к л а	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
	0,25	0,10	0,063	0,040
	0,40	0,25	0,10	0,063
	0,63	0,40	0,25	0,10
	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

Приклад: Якщо позначення має вигляд $5/2 \times 0,25$ (тобто 2 дефекту поверхні еталонного класу 0,25), то тоді допускаються $2 \times 2,5 \approx 5$ дефектів поверхні, еталонний клас яких рівний 0,16, або $2 \times 6,3 \approx 12$ дефектів поверхні, еталонний клас яких рівний 0,1 або $2 \times 16 \approx 32$ дефекту поверхні, еталонний клас яких рівний 0,063. Усяка комбінація, що відповідає тієї, яка рівновелика першої, припустима за умови, що сумарна площа проекцій усіх дефектів поверхні, еталонний клас яких перевершує $0,16 \times 0,25 = 0,04$, не перевищує $2 \times 0,25^2 = 0,125 \text{ мм}^2$.

Таблиця 10.2.

Позначення класів видності при контролі на просвіт по Методу II

Клас видності	Освітленість зразка, що підвергається випробуванням	Фон еталону
T5	310 lux $\pm 5\%$	Регульований
T4	625 lux $\pm 5\%$	Регульований
T3	1250 lux $\pm 5\%$	Регульований

T2	2500 lux $\pm 5\%$	Регульований
T1	2500 lux $\pm 5\%$	Чорний

Таблиця 10.3.

Позначення класів видності при контролі на відбиття по Методу II

Клас видності	Освітленість зразка, що підвергається випробуванням	Фон еталону
R5	310 lux $\pm 5\%$	Регульований
R4	625 lux $\pm 5\%$	Регульований
R3	1250 lux $\pm 5\%$	Регульований
R2	2500 lux $\pm 5\%$	Регульований
R1	2500 lux $\pm 5\%$	Чорний

Відповідно до ГОСТ 11141-84 число й розміри крапок і подряпин не повинні перевищувати значень, зазначених у таблиці 10.4.

Клас чистоти	Подряпини		Крапки		Скупчення дефектів	
	Ширина, мм, не більш	Сумарна довжина, мм, не більш	Діаметр, мм, не більш	Число, не більш	Діаметр обмеженої ділянки, мм	Сумарна площа дефектів, мм ²
I	0,004	2×O _∅	0,02	0,5×O _∅	1,0	0,004
II	0,006		0,05		1,2	0,006
III	0,010		0,10		2,0	0,020
IV	0,02		0,30		5,0	0,10
V	0,04		0,50		10,0	0,40
VI	0,06		0,70		25,0	3,0
VII	0,1		1,0		50,0	10,0
VIII	0,2		1,5×O _∅	2,0	0,4×O _∅	
Viiiа	0,3					
IX		2×O _∅		3,0	0,3×O _∅	
Ixa	0,4	1,5×O _∅				

10.4. Приклади.

5/3 x 0,63; C 2 x 1,6; L 2 x 0,01; E 1,0

Допускаються три дефекти поверхні еталонного класу A=0,63; два зовнішні дефекти обробки еталонного класу A'=1,6; дві довгі подряпини еталонного класу A''=0,01 і выколки протяженностью A'''=1,0. Еталонний клас A=0,63 еквівалентний площі $(0,63)^2 = 0,40$ мм² на дефект.

5/T3; E 1,0

Лінза не повинна мати видимих дефектів, коли вона спостерігається на просвіт через прилад випробування видності, висвітлення якого відповідає класу видності 3 (табл. 10.2). Крім того, не допускається ніяка виколка, якщо вона простирається більш ніж на 1,0 мм від краю елемента.

11. Текстура поверхні.

Ця частина ISO 10110-8 обмовляє правила позначення текстури поверхонь оптичних елементів.

11.1. Визначення.

11.1.1. Текстура поверхні: Загальновизнана статистична характеристика, що ставиться до профілю оптичної поверхні.

11.1.2. Матова поверхня: Оптична поверхня, для якої зміна висоти текстури поверхні незначно менше, чим довжина хвилі видимого світла. Матові поверхні звичайно виготовляються шляхом грубого шліфування скла або іншого діелектричного матеріалу, або шляхом травлення.

11.1.3. Дзеркальна [оптично гладка] поверхня: Оптична поверхня, для якої зміна висоти текстури поверхні значно менше, чим довжина хвилі видимого світла.

11.1.4. Мікродефект: Невелика нерівність (звичайно розміром менше, чим 1 μm) на полірованій поверхні.

11.2. Опис структури поверхні.

11.2.1. Опис матових поверхонь.

Матові поверхні повинні бути охарактеризовані позначенням середньоквадратичної (r.m.s.) зміни висоти, Rq . Ця величина залежить від еталонної довжини. Із цієї причини може бути необхідним точне визначення нижньої межі або, якщо потрібно, нижньої й верхньої меж еталонної довжини.

11.2.2. Опис полірованих поверхонь.

Є три методи опису полірованих поверхонь: за допомогою середньоквадратичної (r.m.s.) шорсткості поверхні Rq ; за допомогою вказівки

щільності мікродефектів; або за допомогою використання функції питомої спектральної щільності (PSD).

11.2.2.1. Середньоквадратична (r.m.s.) шорсткість поверхні

Поліровані поверхні звичайно характеризуються вказівкою среднеквадратической (r.m.s.) шорсткості поверхні, Rq .

Якщо зміни висоти поверхні підкоряються певним властивостям статистичного розподілу, то середньоквадратична (r.m.s.) величина Rq , може бути пов'язана з величиною оптичного розсіювання (див. додаток В). Відмітимо, що середньоквадратичний (r.m.s.) опис є неповним без вказівки нижнього й верхнього меж еталонної довжини.

11.2.2.2. Кількісне визначення мікродефектів

Під мікродефектами можуть розумітися існуючі дуже локалізовані поглиблення на іншій "гладкій" поверхні. Вони підраховуються шляхом легкого волочіння гострої голки механічного профілометра поперек поверхні, одночасно вимірюючи й відзначаючи число раз, N , коли голка помітно відхиляється від звичайно "гладкої" поверхні на довжині сканування 10 мм. Для підрахунку мікродефектів також можуть бути використані оптичний профілометр, мікроскоп або компаратор оптичних зображень.

11.2.2.3. Функція питомої спектральної щільності (PSD)

Функція PSD представляє частотний спектр шорсткості поверхні, обмірюваний у зворотних одиницях довжини. Вона дає повний опис характеристик текстури поверхні й особливо корисна для характеристики супергладких поверхонь, використовуваних у високотехнологічних областях застосування. Опис за допомогою функції PSD не ставить обмежень до природи, або статичним властивостям, вимірюваній поверхні.

В одномірному випадку (тобто коли текстура поверхні може бути визначена шляхом проведення виміру уздовж лінії на поверхні), PSD, що виражається в кубічних мікрометрах, може бути промодельована вираженням

$$PSD = \frac{A}{f^B} \quad \text{для} \quad \frac{1}{1000 \cdot D} < f < \frac{1}{1000 \cdot C}$$

де: f – просторова частота шорсткості, (в μm^{-1});

B - ступінь, до якого просторова частота зводиться;

C і D - мінімальний і максимальний просторові періоди (еталонні довжини) вимірів, у міліметрах;

A - постійна, виражена в μm^{3-B} .

Величина B повинна бути більше нуля (для багатьох реальних поверхонь, $1 < B < 3$. Таким чином, вимоги по текстурі поверхні можуть бути встановлені позначенням чотирьох величин A , B , C и D .

11.3. Позначення на кресленнях

11.3.1. Позначення текстури матової поверхні

Текстура матової поверхні позначається з додаванням букви G [для "шліфування"(for "Ground")] над горизонтальною лінією, як показано на рис. 11.1. Максимально припустима середньоквадратична (r.m.s.) шорсткість поверхні Rq тах, у мікрометрах, вказується над трикутником. Коли зазначене єдине значення Rq , то воно представляє верхню межу параметра шорсткості поверхні. Якщо, крім того, шорсткість не припустима нижче деякої величини, то повинна бути позначена мінімальна середньоквадратична (r.m.s.) величина шорсткості поверхні $Rq \min$. Ця величина повинна бути зазначена нижче максимальної величини.

Якщо потрібно, може бути зазначена під горизонтальною лінією нижня межа еталонної довжини, як показано на рис. 11.1. Якщо також повинна бути визначена верхня межа, то вона повинна бути відділена від нижньої межі косою рисою. Еталонні довжини повинні бути виражені в міліметрах.

Буква " G " використовується для позначення всіх матових поверхонь, включаючи поверхні, що не виготовляються механічним шліфуванням, наприклад травленням.

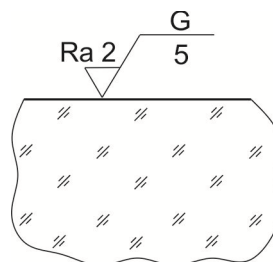


Рис. 11.1. Позначення шліфованої поверхні з $Rq = 2\mu\text{m}$ і мінімальною еталонною

довжиною 5 mm

11.3.2. Позначення текстури полірованої поверхні

Позначення текстури полірованої поверхні повинне включати букву Р [для "полірування") (for "Polished")] над горизонтальною лінією, як показано на рис. 11.2. Застосування однієї букви Р позначає, що кількісного підрахунку мікродефектів не потрібно, однак поверхня повинна бути полірованою. Кількісний аспект текстури поверхні повинен бути заданий у термінах середньоквадратичної (r.m.s.) шорсткості R_q , у термінах припустимих мікродефектів, або в термінах PSD.

Буква "Р" використовується для позначення всіх полірованих поверхонь, включаючи поверхні, що не виготовляються поліруванням, наприклад литтям, або поверхні плавленого скла.

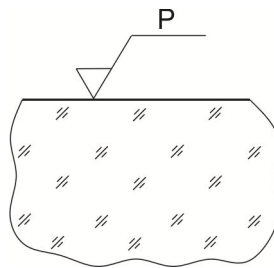


Рис. 11.2. Позначення полірованої поверхні без кількісних визначень

Число припустимих мікродефектів визначається вказівкою номера класу в межах від 1 до 4 праворуч від букви Р, як показано на рис. 11.3. Ряд відповідних припустимих чисел мікродефектів визначається класом у таблиці 11.1.

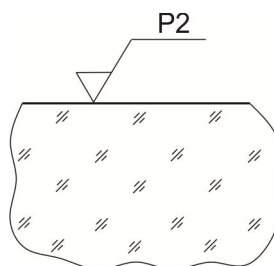


Рис. 11.3. Позначення полірованої поверхні з < 80 мікродефектами на 10 мм лінійним скануванні поверхні

Таблиця 11.1.

Характеристика текстури дзеркальних поверхонь у термінах мікродефектів

Позначення класу полірування	Число N мікродефектів на 10 мм еталонній довжині
P1	$80 \leq N < 400$
P2	$16 \leq N < 80$
P3	$3 \leq N < 16$
P4	$N < 3$

Середньоквадратична (r.m.s.) шорсткість поверхні Rq вказується введенням максимально припустимої величини середньоквадратичної (r.m.s.) шорсткості, що виражається в мікрометрах, над трикутником, як показано на рис. 11.4.

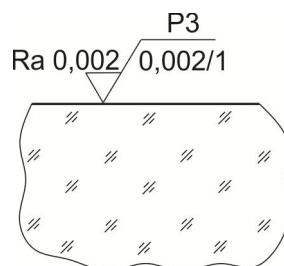


Рис. 11.4. Позначення полірованої поверхні з < 16 мікродефектами на 10 мм сканування і $Rq \leq 0,002 \mu\text{m}$ між еталонними довжинами 0,002 мм і 1 мм

Це позначення може бути доповнене вказівкою класу полірування в термінах мікродефектів.

Максимально припустима величина функції PSD вказується введенням букв PSD і величин A і B, поділених косою рисою, над трикутником символу текстури, як показано на рис. 11.5. Мінімальний і максимальний просторові періоди (еталонні довжини), C і D, що виражаються в міліметрах, розміщуються під горизонтальною лінією, поділювані косою рисою, як на рис. 11.5.

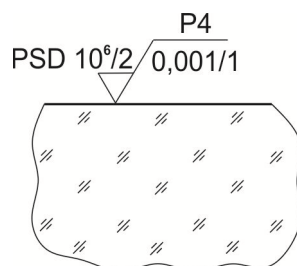


Рис.11.5. Позначення полірованої поверхні з < 3 мікродефектами на 10 мм

скануванні й $PSD \leq 10^{-6} \frac{\mu m^3}{\mu m^2}$ між еталонними довжинами 0,001 мм і 1 мм

Це позначення може бути доповнене позначенням класу полірування в термінах мікродефектів.

Більшість полірованих поверхонь розсіює світло за статичним законом. Подібним чином була отримано теоретичний зв'язок між двомірною питомою спектральною щільністю (PSD) шорсткості поверхні або текстури й диференціальним кутовим розсіюванням.

На рис. 11.6. наведені приклади трьох функцій PSD для випадку, у якому $B = 2$, і ілюструє, що текстура поверхні стає тим глаже, чим менше робиться A .

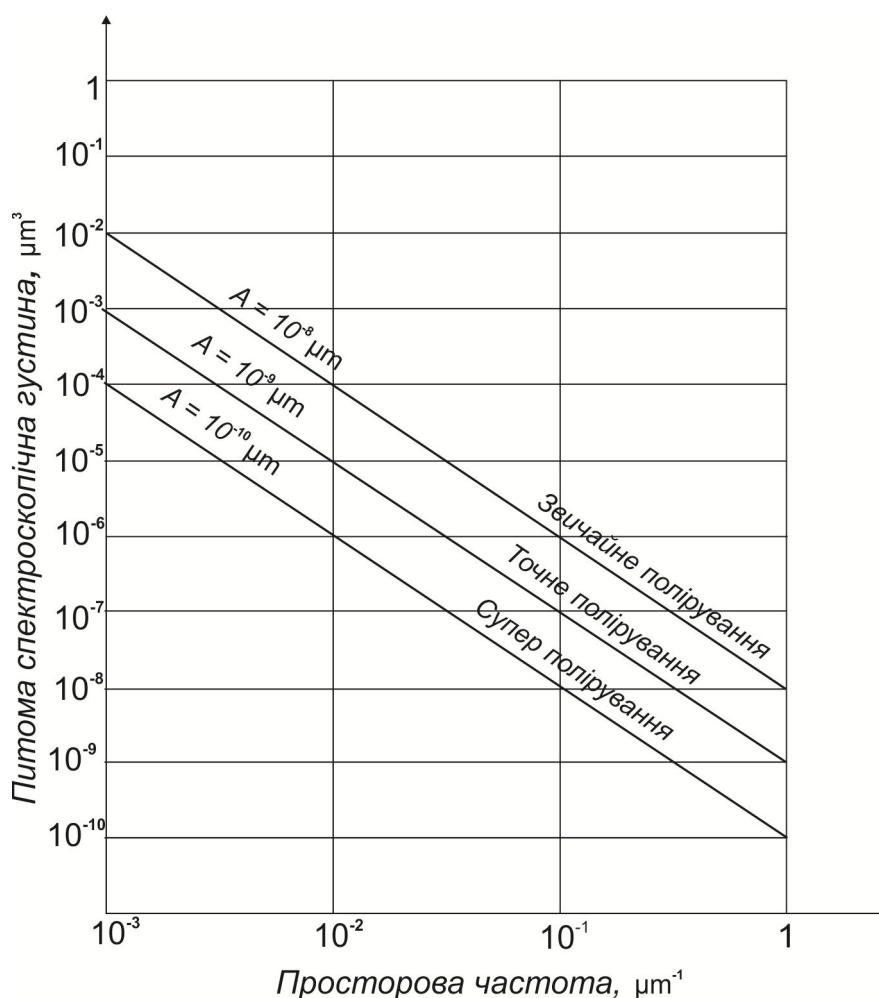


Рис. 11.6. Приклади трьох функцій PSD для $B = 2$

11.4. Розміщення

Вістря символу текстури повинне перебувати в контакті з лінією, що представляє поверхню, або з відповідної додатковою лінією (див. рис. 11.1...11.5).

Так само, якщо дані представляються в табличній формі, символ текстури

повинен використовуватися на відповідному малюнку.

12. Поверхнева обробка й покриття

Ця частина ISO 10110-9 обмовляє правила позначення обробки й покриттів, застосовуваних для функціональних і/або захисних цілей до оптичних поверхонь.

12.1. Визначення

12.1.1. Функціональне покриття: Тонка плівка, що осаджується для впливу на коефіцієнт відбиття поверхні, для поділу спектральних областей довжин хвиль, і/або для створення певної поляризації або інших спеціальних цілей. Звичайними типами функціональних покриттів є відбивні, просвітлюючі, виділяють довжини хвиль і провідні покриття.

Докладна інформація про покриття міститься в ISO 9211-1 ... ISO 9211-4.

12.1.2. Захисна поверхнева обробка: Фарбування або захисне покриття, застосовуване до оптичних поверхонь, особливо задньої поверхні дзеркал, для запобігання ушкоджень, що виникають при експлуатації, впливах навколишнього середовища й з інших причин.

12.2. Позначення на кресленнях

Оскільки вимоги до характеристик покриття звичайно є комплексними, то вони описуються в окремих технічних документах, які повинні вказуватися на кресленнях.

Якщо технічна вимога є простою, то воно може бути наведене прямо на кресленні. У цьому випадку повинні бути використані наступні символи:

τ (грецька буква тау) для коефіцієнта пропущення світлопропускання променистого потоку;

ρ (грецька буква ро) для коефіцієнта відбиття променистого потоку;

α (грецька буква альфа) для коефіцієнта поглинання променистого потоку.

Довжини хвиль приводяться в нанометрах. Якщо еталонна довжина хвилі не зазначена, то повинна застосовуватися довжина хвилі зеленої лінії “e” ртуті ($\lambda = 546,07 \text{ nm}$).

12.2.1. Позначення функціональних покриттів

Функціональні покриття повинні позначатися кружком, що містять грецьку букву лямбда (λ); цей кружок повинен бути розташований із зовнішньої сторони елемента й торкатися тої поверхні, що покривається, або торкатися продовженої лінії (див. рис. 12.1. і 12.2), якщо необхідно. Виключеннями є елементи, у яких покриття захищається захисним шаром; у цьому випадку символ покриття повинен бути розміщений із внутрішньої сторони оптичного елемента (див. рис. 12.6).

Якщо на кресленнях складальних вузлів покриття вказується на поверхні, що поєднує два елементи, то цього не досить для точного визначення, яка з поверхонь, що з'єднуються, призначена для нанесення покриття. Якщо потрібно, ця інформація може бути наведена в примітці до креслення або на кресленні окремого елемента з відповідної сторони.

Символ покриття повинен мати виносну лінію до прямокутника, який містить посилання на технічні умови або технічні вимоги. Приклади наведено на рис. 12.1...12.4. і на рис. 12.6.

Призначення покриття повинне переважно вказуватися в прямокутнику. Якщо не записане інше, то технічні вимоги повинні ставитися тільки до поверхні, що вказується. У випадку функціональних покриттів на поверхнях, які склеюються, повинне бути зазначене, чи застосовуються технічні умови перед або після операції склейки (див. рис. 12.2).

Якщо не зазначене інше, то покриття повинне простиратися, принаймні, на оптично діючу поверхню. Якщо необхідно, повинні бути зазначені припустимі розміри області нанесення покриття. У випадках, при яких різні області однієї й тієї ж поверхні повинні мати різні покриття, області повинні бути зазначені шляхом нанесення розмірів (див. рис. 12.4).

Для лінзового елемента дані можуть бути наведені в табличній формі. Якщо технічні вимоги на покриття є занадто довгими для включення у відповіднім полі таблиці, то вони повинні бути наведені на поле креслення в прямокутнику, як вказувалося вище.

12.2.2. Позначення захисних обробок

Захисні обробки повинні бути зазначені у вигляді товстої “ланцюгової” лінії (лінія типу J, ISO 128), пов'язаною з поверхнею. Довжина цієї лінії позначає область, що зазнає обробці. Якщо необхідно, повинні бути наведені для цієї області розміри.

Технічні вимоги поверхневої обробки повинні бути дані в прямокутнику, який зв'язується з товстою “ланцюговою” лінією виносної лінією. Приклади приводяться на рис. 12.5 і 12.6.

12.3. Приклади

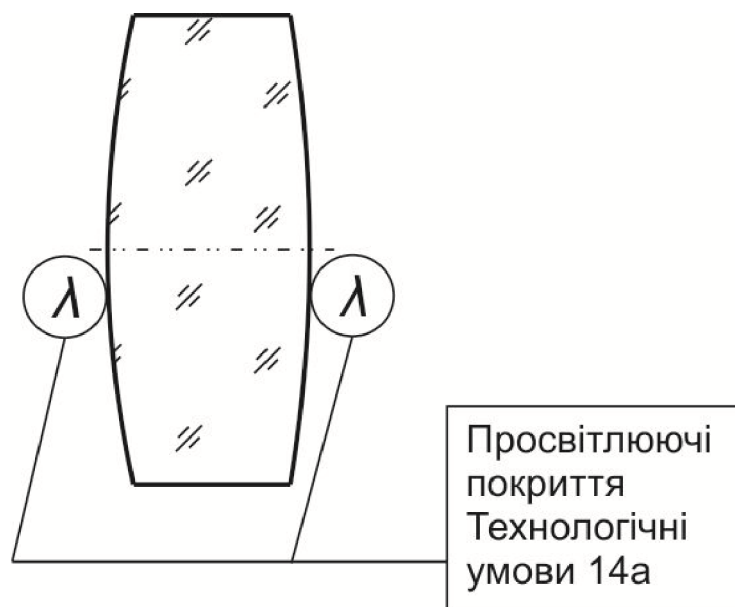


Рис. 12.1. Позначення функціонального покриття, що ставиться до окремої деталі

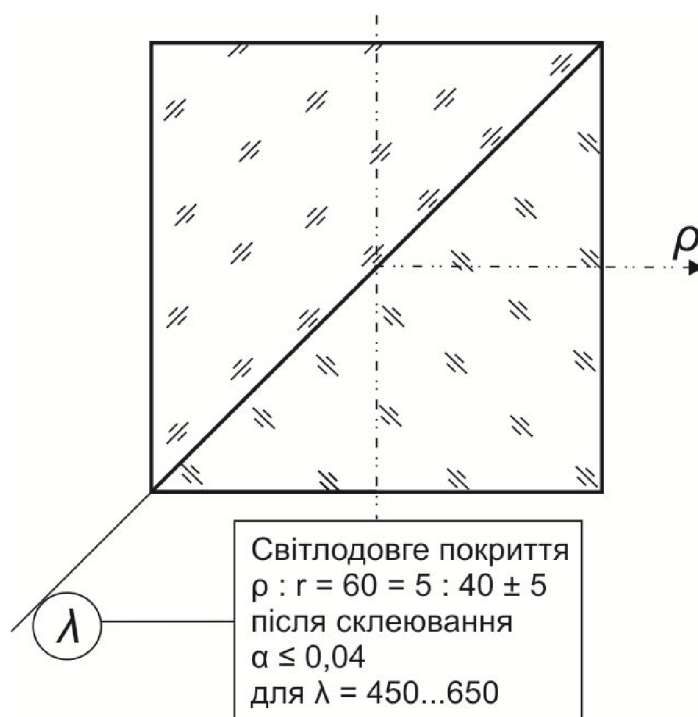


Рис. 12.2. Позначення функціонального покриття із вказівкою оптичних характеристик



Рис. 12.3. Позначення функціонального покриття із вказівкою матеріалу

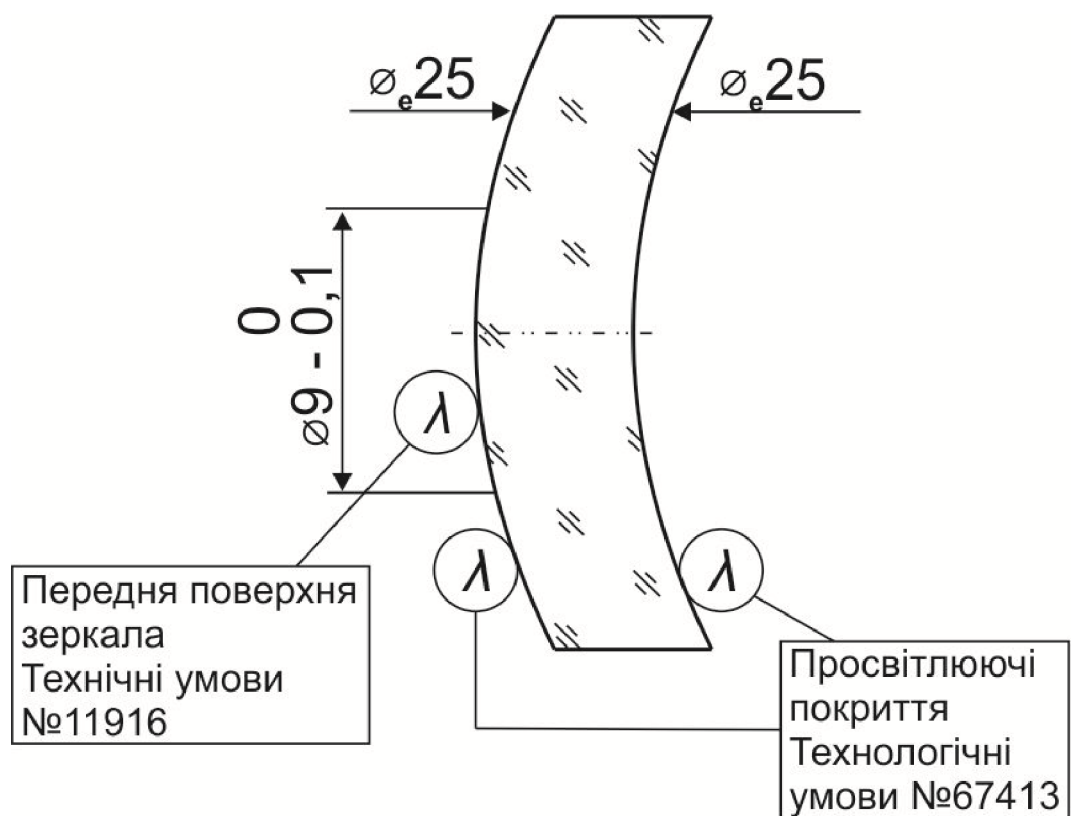


Рис. 12.4. Позначення функціонального покриття, що демонструє два різні покриття на одній і тій же поверхні

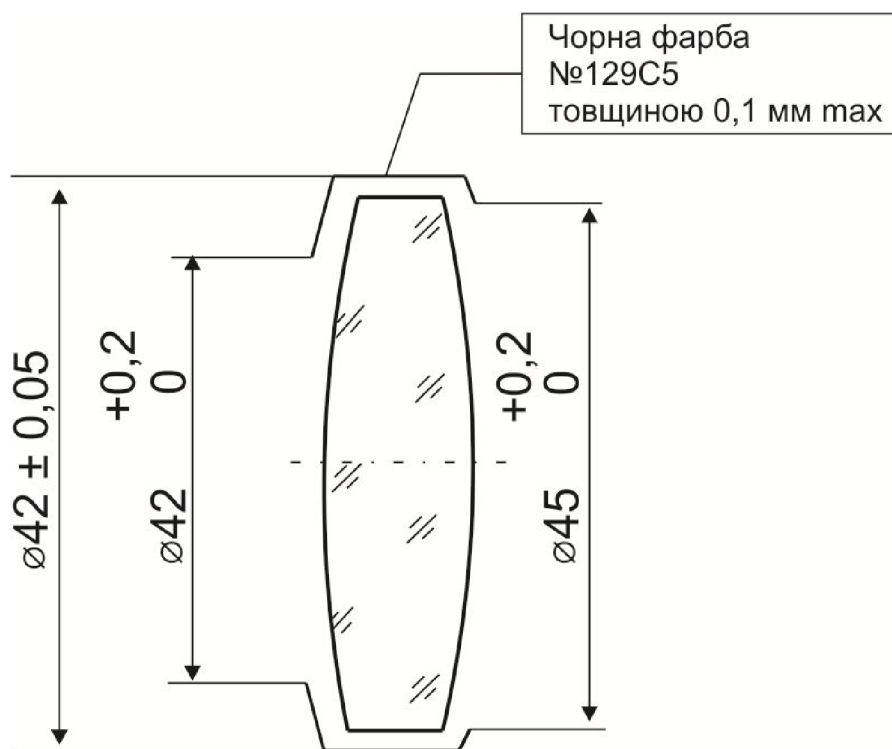


Рис. 12.5. Позначення захисної поверхневої обробки (зовнішній $\varnothing 48 \pm 0,05$ ставиться до деталі після фарбування)

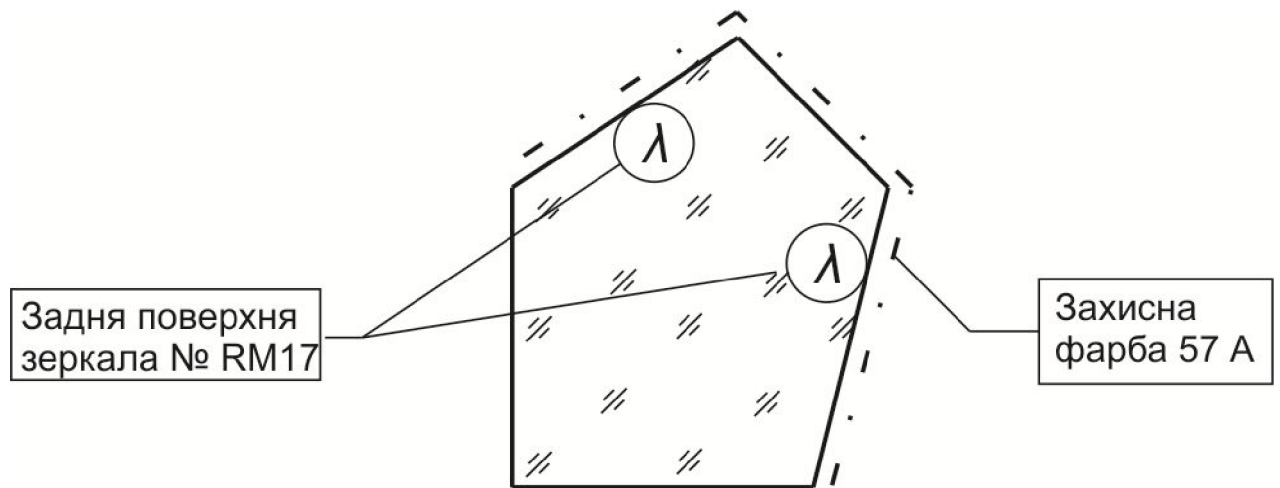


Рис. 12.6. Позначення захисної поверхневої обробки, скомбінованої з функціональним покриттям

13. Таблична форма вистави даних лінзового елемента

Ця частина ISO 10110-10 обмовляє форму позначення розмірів, припустимих відхилень і дефектів матеріалу лінзового елемента в табличній формі.

13.1. Форма

Креслення повинно бути підрозділено на три поля (див. рис. 13.1 і 13.2).

13.1.1. Поле малюнка

У цьому полі повинен бути представлений схематичний малюнок лінзового елемента, разом з усією інформацією, що не приводиться в поле таблиці. Немає необхідності, щоб малюнок був вірний по масштабу; якщо вказується масштаб малюнка, то малюнок повинен бути точний по масштабу технічному кресленню.

Базова вісь для центрировки й характеристики текстури поверхні (див. ISO 10110-6 і ISO 10110-8) вказуються на малюнку.

13.1.2. Табличне поле

Це поле містить розміри, допуски й припустимі дефекти матеріалу лінзового елемента. Воно підрозділяється на три подполя:

Ліве подполе ставиться до лівої поверхні лінзового елемента;

Центральне поле ставиться до характеристик матеріалу;

Праве подполе ставиться до правої поверхні лінзового елемента.

Таблиця 13.1. докладно описує характеристики, які можуть бути зазначені.

Таблиця 13.1.

Характеристики, внесені в список

Пункти	Опис
Матеріал	Марка, назва, розпізнавальний номер матеріалу
n	Якщо підходить, показник переломлення й число Аббе (і допуски) відповідно до ISO 7944
v	
R	Радіус кривизни з допуском, якщо потрібно. Напрямок кривизни повинний бути зазначено в такий спосіб: опукла поверхня: СХ увігнута поверхня: СС
Øe	Оптично діючий діаметр
Захисна фаска	Мінімально й максимально припустима ширина захисної фаски
	Поверхнева обробка й покриття відповідно до ISO 10110-9
0/	Допуск на двулучезаломлення, викликуване напругою, відповідно до ISO 10110-2
1/	Позначення припустимих пазирів і інших включень відповідно до ISO 10110-3
2/	Класи неоднорідності й звилін відповідно до ISO 10110-4
3/	Допуск на форму поверхні відповідно до ISO 10110-5
4/	Допуск на центрування відповідно до ISO 10110-6
5/	Допуск на дефекти поверхні відповідно до ISO 10110-7
6/	Позначення порога руйнування лазерним опроміненням відповідно до ISO 10110-13
	Якщо необхідно, повинні бути додані слова «склеюється» [To be cemented]

13.1.3. Заголовне поле

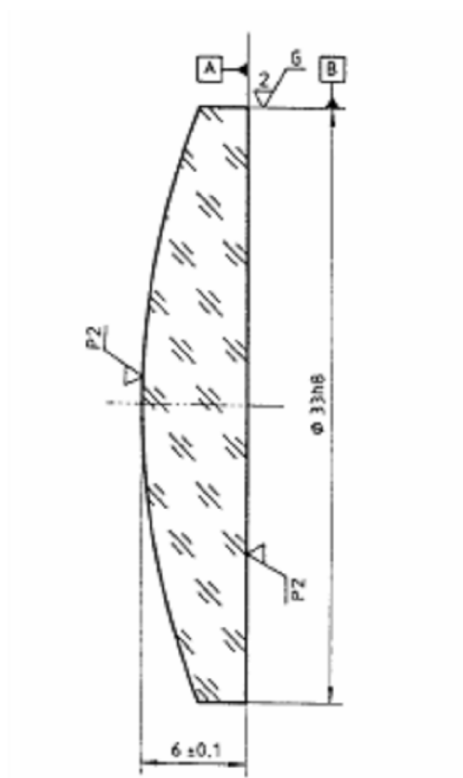
Це поле передбачене для загальних позначень, таких як назва, тип і/або посилальний номер лінзового елемента, номер деталі й масштаб креслення й посилання на ISO 10110.

13.2. Дані без допусків

Усі характеристики, які точно не визначені ні в поле малюнка, ні в табличнім полі, охоплюються ISO 10110-11.

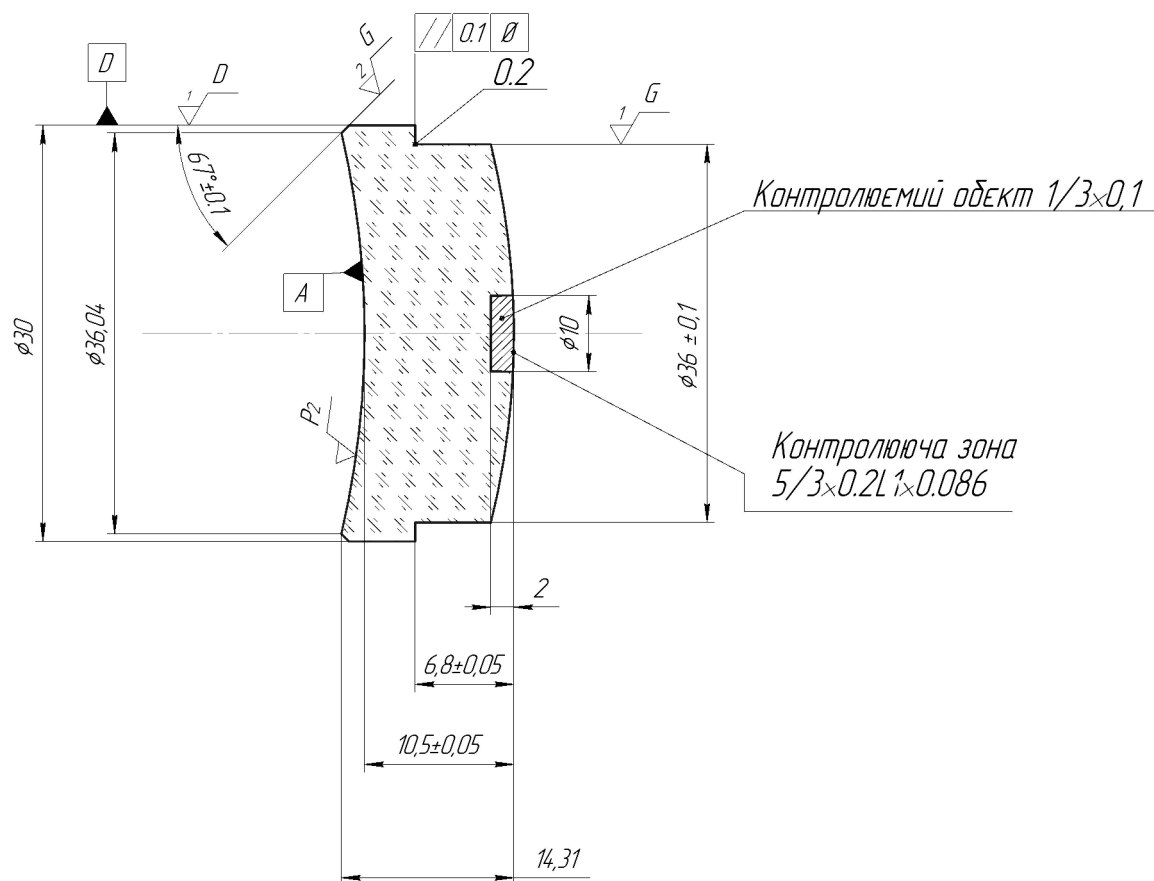
13.3. Приклади

На рис. 13.1. і 13.2. наведені приклади табличних даних лінзового елемента.



Левая поверхность	Характеристика	Правая поверхность
$R\ 37,449\ CX$ $\varnothing_{\text{с}}\ 30,5$ Защитная фаска $0,4 - 0,6$ $\textcircled{\lambda}$ AR 209.1060 3/ 5(1) 4/ 1,4' 5/ $5 \times 0,1$; C $5 \times 0,16$; L $3 \times 0,004$; E 0,4 6/* $6\ KWcm^{-2}$; 1 060 nm; 10	Hoya LaC9 или Schott LaK9 $n\ (1\ 060\ nm)\ 1,675\ 9 \pm 0,001$ $v\ —$ 0/ 20 1/ $5 \times 0,1$ 2/ 1; 2	$R\ \infty$ $\varnothing_{\text{с}}\ 29$ Защитная фаска $0,4 - 0,6$ $\textcircled{\lambda}$ AR 209.1060 3/ 5(1) 4/ — 5/ $5 \times 0,1$; C $5 \times 0,16$; L $3 \times 0,004$; E 0,4 6/* $6\ KWcm^{-2}$; 1 060 nm; 10
Обозначения в соответствии с ISO 10110		Линза 114.379

Рис. 13.1. Приклад табличної вказівки даних лінзового елемента



Ліва поверхня	Характеристики матеріалу	Права Поверхня
$R60.43$ CC $\phi_e 35$ Захисна фаска 0,2 – 0,4 (1) AR 207 b 3/ 2(0,5) 4/ – 5/ 5×0,16; L2×0,04; E 0.5	BK7 $n_e 1.51872 \pm 0.001$ $n_v 63.96 \pm 0.8\%$ 0/10 1/5×0,16 2/12	$R 50.17$ CX Захисна фаска 0,2 – 0,4 (1) — 3/ 3(1) 4/ 2' 5/ 5×0,16; L2×0,04 ; E0.5 Склеюється*
Позначення згідно з ISO 10110		Лінза 124.736

Рис. 13.2. Приклад табличної вказівки даних лінзового елемента

14. Дані без допусків

Ця частина ISO 10110-11 обмовляє припустимі відхилення й дефекти матеріалу, коли вони не зазначені виразно.

14.1. Припустимі відхилення й дефекти матеріалу

Остаточні функціональні характеристики оптичного елемента, розміри й допуски, як також і характеристики матеріалу, повинні бути зазначені на оптичних кресленнях.

Припустимі відхилення й допуски на дефекти матеріалу, які застосовуються, коли такі дані точно не застережені, наведено в таблиці 14.1.

У випадках, при яких величини, що приводяться в таблиці 14.1, є прийнятними, креслення може бути спрощений завдяки пропуску цих вказівок.

Ці допуски не позначають абсолютні межі. Можуть бути використані навіть більш широкі допуски; однак вони тоді повинні бути зазначені на кресленні.

Якщо креслення оптичної деталі не містить вказівок про дані, що згадуються в різних частинах ISO 10110, то слід застосовувати величини таблиці 14.1.

ПРИМІТКИ

1. Характеристики текстури поверхні оптичного елемента (див. ISO 10110-8) повинні завжди приводитися на кресленнях; отже, докладне позначення текстури поверхні в цій частині ISO 10110 не приводиться.
2. Ця частина ISO 10110 не передбачає докладних характеристик по порозі руйнування лазерним випромінюванням (див. ISO 10110-13).

Таблиця 14.1.

Припустимі відхилення й дефекти матеріалу у випадку відсутності
точних вказівок

Характеристика	Область максимальних розмірів деталі, мм			
	до 10	10...30	30...100	100...300
Довжина сторони (діаметр), мм	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 1,5$
Товщина, мм	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,4$	$\pm 0,8$
Відхилення кутів призм і пластин	$\pm 0^{\circ}30'$	$\pm 0^{\circ}30'$	$\pm 0^{\circ}30'$	$\pm 0^{\circ}30'$
Ширина захисної фаски, мм	0,1...0,3	0,2...0,5	0,3...0,8	0,5...1,6
Двулучезаломлення, викликуване напругою, відповідно до ISO10110-2 (nm/cm)	0/20	0/20	-	-
Міхури й включення відповідно до ISO10110-3	1/3×0,16	1/5×0,25	1/5×0,4	1/5×0,63
Неоднорідності й звили відповідно до ISO10110-4	2/1; 1	2/1; 1	-	-
Допуски на форму поверхні відповідно до ISO10110-5	3/5(1)	3/10(2)	3/10(2) (усі (30))	3/10(2) (усі (60))
Допуски на центрування відповідно до ISO10110-6	4/30'	4/20'	4/10'	4/10'
Допуски на дефекти поверхні відповідно до ISO10110-7	5/3×0,16	5/5×0,25	5/5×0,4	5/5×0,63

15. Асферичні поверхні

Ця частина ISO 10110-12 обмовляє правила подавання, позначення розмірів й призначення допусків на оптично діючі поверхні асферичної форми.

15.1. Математичний опис асферичних поверхонь

Асферичні поверхні описуються в правобічній ортогональній системі координат, у якій вісь z є оптичною віссю. Якщо не вказується інше, то вісь z перебуває в площині креслення й проходить ліворуч праворуч; якщо рисується тільки один перетин, то вісь u перебуває в площині креслення й орієнтована нагору. Якщо рисуються два поперечні перерізи, то поперечний переріз xz повинне перебувати нижче поперечного переріза yz (див. рис.15.5). Для ясності можуть бути показані на кресленні осі x і y . Початок системи координат перебуває у вершині асферичної поверхні (рис. 15.1).

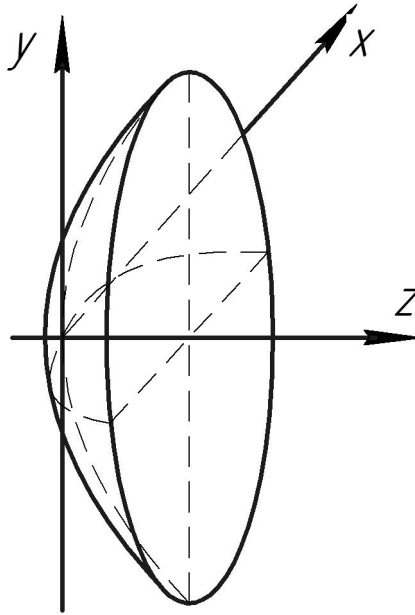


Рис. 15.1. Система координат

15.2. Звичайні поверхні другого порядку

У системі координат, наведеної вище, рівняння поверхонь другого порядку, які попадають у сферу дії цієї частини ISO 10110, має вигляд

$$zf(x, y) = f \frac{\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2}}{1 + \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2}}}$$

де:

$\frac{a^2}{c} = R_x$ – радіус кривизни в площині xz для $z = 0$;

$c = R_y$ – радіус кривизни в площині yz для $z = 0$;

$k_x = \frac{k}{c^2} - 1$; $k_y = \frac{b^2}{c^2} - 1$ – кіничні постійні.

Рівняння поверхонь другого порядку можна записати у вигляді

$$zf(x, y) = \frac{\frac{x^2}{R_x} + \frac{y^2}{R_y}}{1 + \sqrt{1 - (1 + k_x) \left(\frac{x}{R_x}\right)^2 - (1 + k_y) \left(\frac{y}{R_y}\right)^2}}.$$

Якщо поверхня, відповідна до рівняння, перетинається із площиною $x = 0$ (або $y = 0$), то тоді, залежно від величини k_y (або k_x), створюються лінії

перетинання наступних типів:

$k > 0$ сплющений еліпс;

$k = 0$ коло;

$-1 < k < 0$ витягнутий еліпс;

$k = -1$ парабола;

$k < -1$ гіпербола.

Можуть бути наступні спеціальні випадки рівняння:

а) $R = Rx = Ry$, $k = kx = ky$ і $h^2 = x^2 + y^2$ дають

$$zf(h) = \frac{h^2}{R + \sqrt{R^2 - (1 + k)h^2}}.$$

Урівняння описує поверхню, має симетрію обертання навколо осі z .

б)

$$zf(u) = \frac{u^2}{R_u + \sqrt{R_u^2 - (1 + k)u^2}}.$$

Це рівняння описує циліндр (не обов'язково круглого поперечного переріза), вісь якого для $u = x$ перпендикулярна площини xz , і вісь якого для $u = y$ перпендикулярна площини yz .

в)

$$z = f(x, y) = c \sqrt{\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2}}$$

Це рівняння описує конус зі своєю вершиною на початку системи координат з еліптичним поперечним перерізом (якщо $a \neq b$) або із круглим поперечним перерізом (якщо $a = b$).

15.3. Позначення на кресленнях

Асферичні лінза або дзеркало повинні представлятися таким же самим образом як і сферичний компонент (див. ISO 10110-1), позначення радіуса на малюнку в цьому випадку замінюється словом "асферика", якщо $f_1(x, y) \neq 0$ або типом асферики (наприклад, "тороид", "параболоїд", і т.д.).

Рівняння, що описує асферичну поверхню, повинне бути наведене в примітці, за винятком циліндричних поверхонь із круглим поперечним перерізом.

Для ясності форма асферического профілю може бути наведена на кресленні в перебільшеному виді. Крім того, може бути включена в креслення скорочена таблиця стрілок (див. рис. 15.2).

Допуски на форму поверхні повинні бути зазначено одним з наступних способів:

- а) відповідно до ISO 1101;
- в) відповідно до ISO 10110-5;
- с) таблицею, що характеризує припустимі відхилення z , тобто різниці між номінальними величинами z , відповідними до рівняння й дійсними величинами обробленої деталі (див. рис. 15.2).

У кожному із цих трьох випадків може бути додатково застережене припустиме відхилення нахилу (тобто місцеве відхилення нормалі до поверхні від номінальної величини).

Якщо оговорено допуск на нахил, то повинна бути наведена на малюнку так само еталонна довжина нахилу. Еталонна довжина нахилу є поперечним проміжком на поверхні, на котрому вимірюється нахил. Помітимо, що відхилення нахилу ставиться до різниці нахилів між дійсною поверхнею й номінальною асферичною поверхнею, що обчислюється відповідно до означеного рівняння.

Для поверхонь, що не володіють симетрією обертання, допуск на нахил може бути різним у різних перетинах.

Допуски на центрування повинні позначатися відповідно до або ISO 1101 або ISO 10110-6.

Допуски на дефекти поверхні й характеристики текстури поверхні повинні позначатися відповідно до ISO 10110-7 і ISO 10110-8, відповідно.

15.4. Приклади

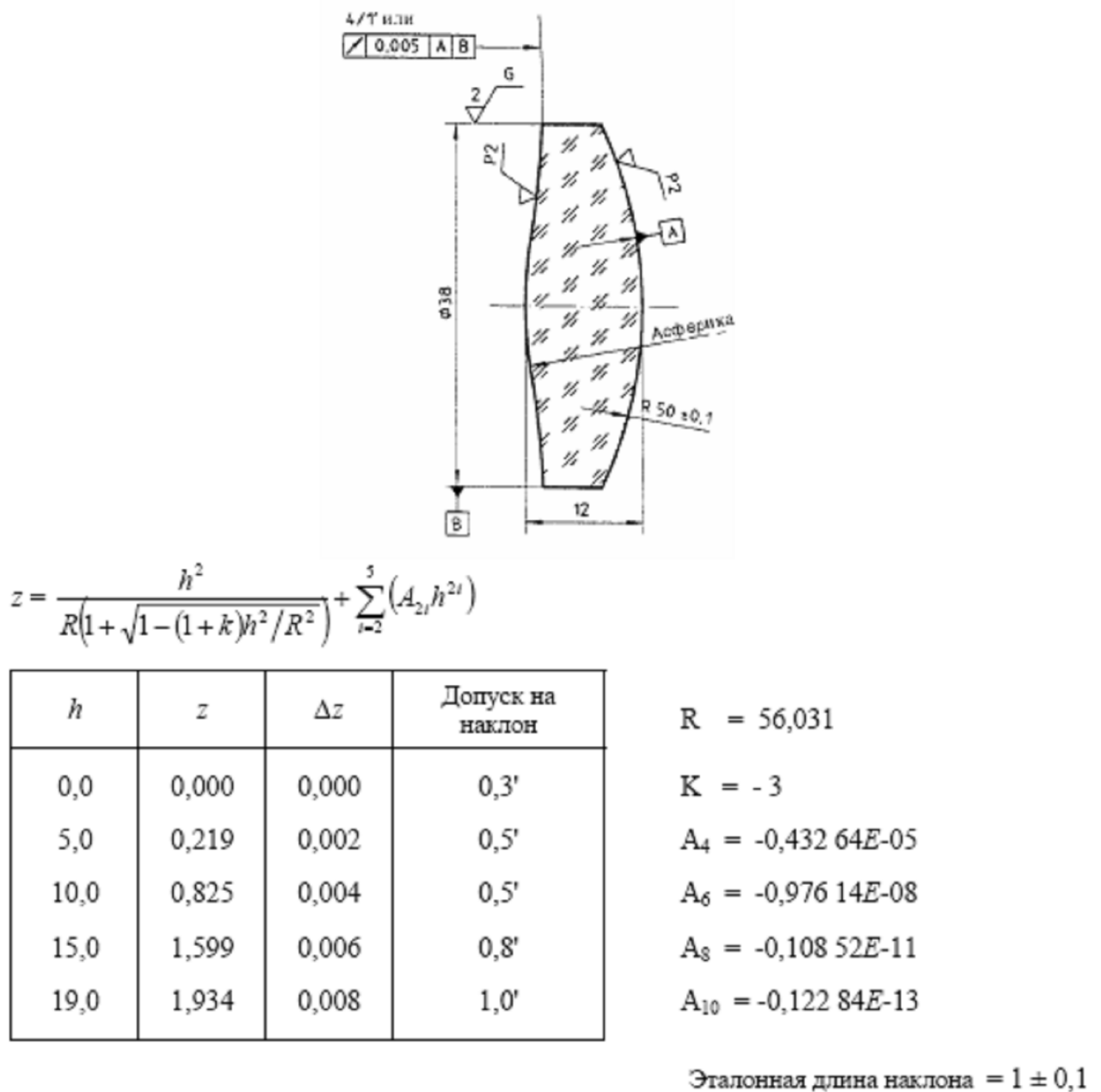
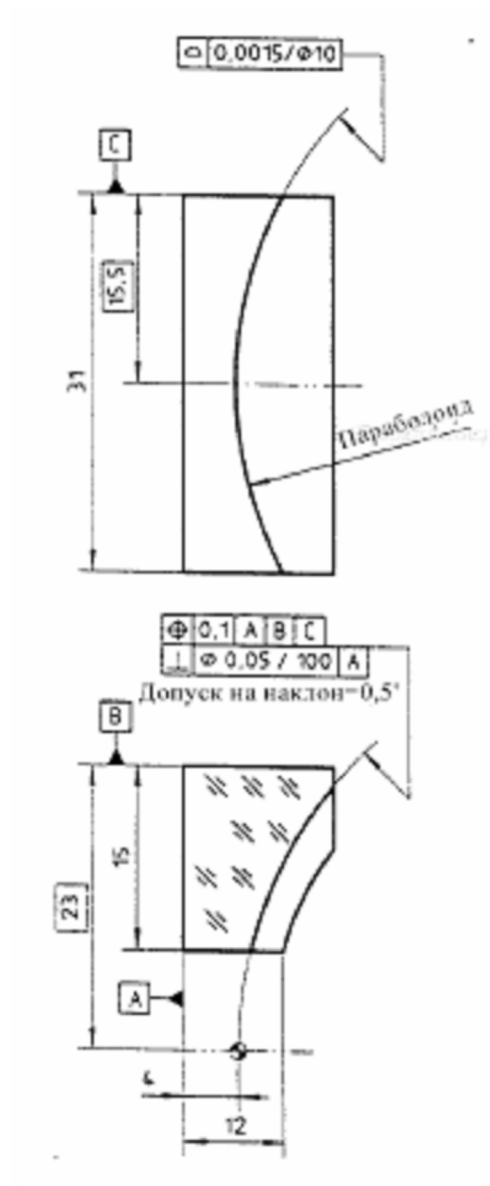


Рис. 15.2. Лінза з асферическою поверхнею, що володіє симетрією обертання

На рис. 15.2. базова вісь проходить через центр кривизни сферичної поверхні й центральну крапку підходящої поверхні (відповідно до ISO 10110-6).

Допуск на форму асферичної поверхні приводиться в табличній формі. Δz представляє максимально припустиме відхилення, у міліметрах, у напрямку z для даної координати h . Крім того, зазначений допуск на помилку нахилу.



Эталонная длина наклона = $2 \pm 0,2$

$$z = \frac{h^2}{2R} \quad R = 35,741 \pm 0,2$$

Рис. 15.3. а) Позначення допуску на форму поверхні у відповідності
с ISO 1101

Рисунок 15.3. а) показує позаосьовий параболоїд із прямокутним поперечним перерізом. Допуск на форму поверхні й допуск на центровку зазначені відповідно до ISO 1101.

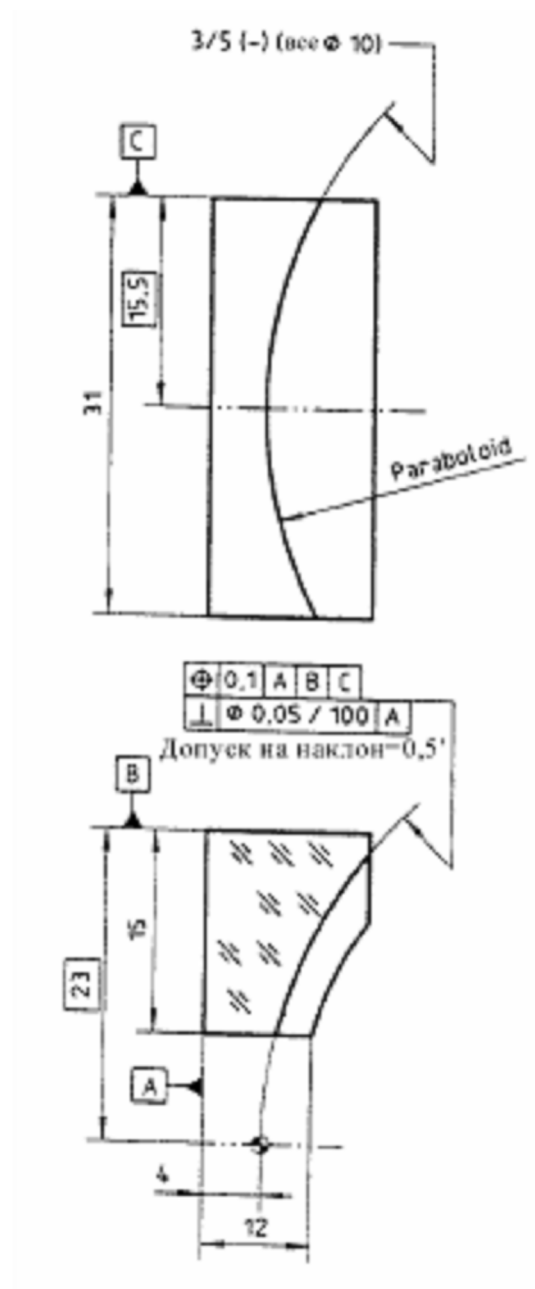
Базова вісь визначається лінією перетинання поверхонь А и С. База С представляє ширину деталі, як показано.

Вершина параболоїда повинна лежати в межах куба з довжиною сторони

0,1 мм, центрованого до номінального положення.

Вісь обертання параболоїда повинна лежати, на довжині 100 мм, у межах циліндра, паралельно базовій осі діаметр, що має, 0,05 мм.

Допуск на форму поверхні оптично діючої поверхні даний відповідно до ISO 1101. Крім того, зазначений допуск на помилку нахилу.



Эталонная длина наклона $= 2 \pm 0,2$

$$z = \frac{h^2}{2R} \quad R = 35,741 \pm 0,2$$

Рис. 15.3. б) Позначення допуску на форму поверхні у відповідності
с ISO 1101-5

Рисунок 15.3. б) показує той же самий оптичний елемент, як і рис. 15.3 а); проте, допуск на форму поверхні тут зазначений відповідно до ISO 10110-5.

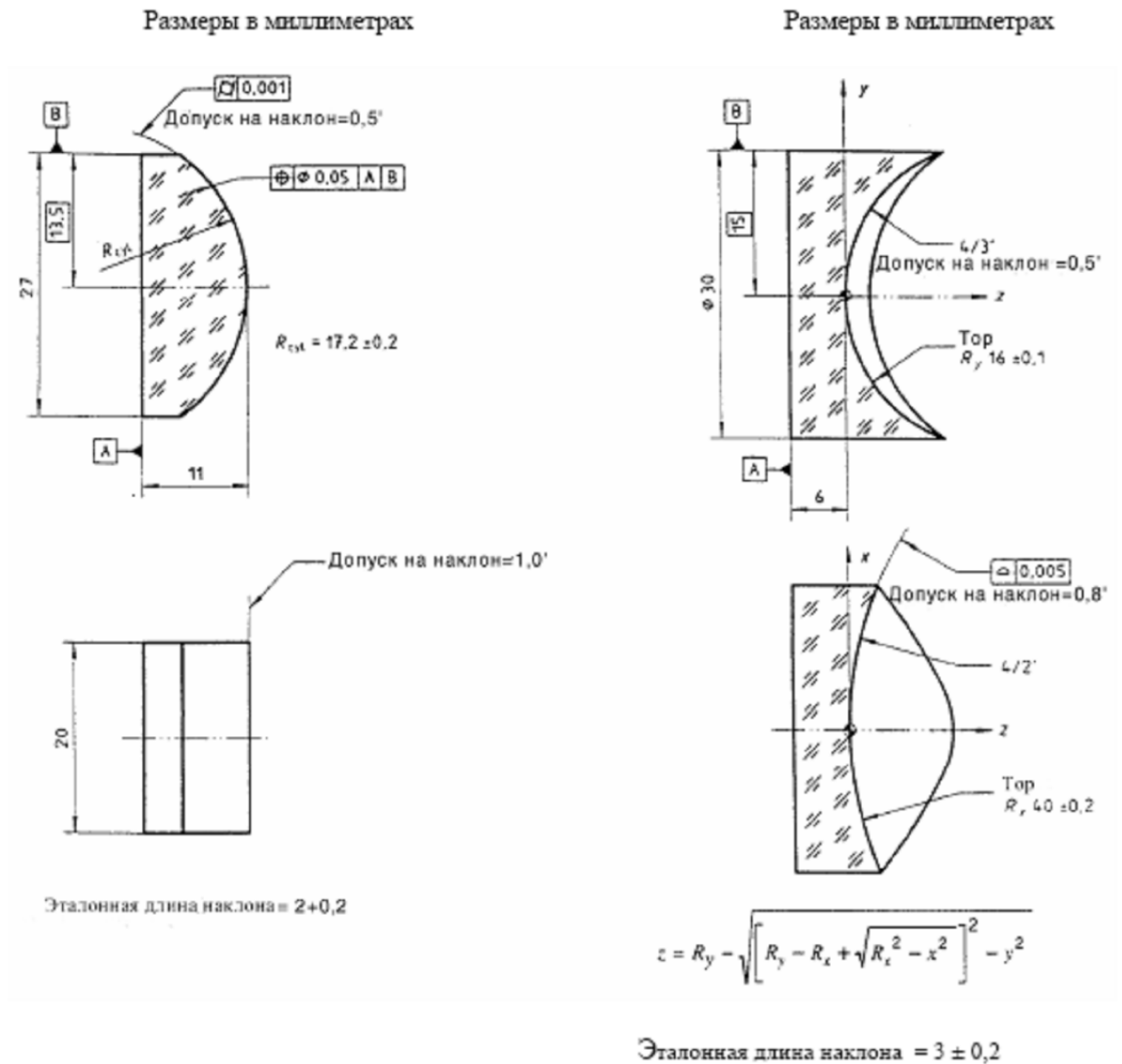


Рис. 15.4. Плоскоциліндрична лінза

Рис. 15.5. Плоскоторична лінза

Рисунок 15.4. показує плоскоциліндричну лінзу із прямокутним поперечним перерізом. Базова вісь визначається лінією перетинання поверхонь А і В. Вісь циліндричної поверхні повинна бути в межах циліндра діаметром 0,05 мм. Допуск на помилку форми застережений відповідно до ISO 1101 і додатково різними допусками на помилку нахилу у двох перетинах.

Рисунок 15.5. показує плоскоторичну лінзу із круглим поперечним

перерізом. Базова вісь визначається краєм циліндра В и плоскої поверхні А. Рівняння поверхні, показане на кресленні, указує, що визначальна дуга й вісь обертання поверхні лежать у площині xz . Різні допуски для кутів нахилу поверхні дані у двох перетинах. Також допуски (місцеві) на кут нахилу є різними у двох перетинах.

16. Поріг руйнування лазерним опроміненням

Ця частина ISO 10110-12 обмовляє правила вистави вимог до оптичних елементів за рівнем щільності енергії при яким не буде відбуватися руйнування при засвіченні поверхні імпульсним або безперервним лазером.

16.1. Визначення.

16.1.1. Довжина хвилі: λ – довжина хвилі лазерного випромінювання в нм.

16.1.2. Частота повторення імпульсів: f_p – частота повторення імпульсів, тобто число повторюваних імпульсів лазера в секунду.

16.1.3. Щільність енергії: H_{th} – поріг щільності енергії в одиницях $J \cdot cm^{-2}$, вище якого виникає ушкодження.

16.1.4. Щільність потужності: E_{th} – поріг щільності потужності в $W \cdot cm^{-2}$, вище якого виникає ушкодження.

16.1.5. Інші параметри перевірки: n_{ts} – число іспитових стендів; n_p – число імпульсів на іспитовому стенді.

16.1.6. Група тривалості імпульсу: pdg – група тривалості імпульсу у відповідності ISO/DIS 11254.

Будь-які інші параметри перевірки повинні бути у відповідності ISO/DIS 11254.

Для певних оптичних елементів може бути необхідним задавати стан і площина поляризації, а також кут падіння.

16.2. Позначення на кресленнях.

Специфікація порога руйнування від лазерного випромінювання ставиться до остаточних поверхонь, тобто обробленим і покритими покриттями.

16.2.1. Поріг руйнування для імпульсного лазерного випромінювання.

Позначення порога дефекту від лазерного випромінювання Hth в $(J \cdot cm^{-2})$ для оптичної поверхні буде включати довжину хвилі, групу тривалості імпульсу у відповідності ISO/DIS 11254, частоту повторення імпульсів, число необхідних іспитових стендів і число імпульсів на іспитовий стенд.

Кодовим номером для порога руйнування від лазерного випромінювання є число 6.

Позначення повинне мати форму:

6/ $Hth; \lambda; pdg; fp; nts \times n_p$

16.2.2. Поріг руйнування для лазерного випромінювання, генерируемого в безперервному режимі.

Позначення порога дефекту від лазерного випромінювання E_{th} в $(W \cdot cm^{-2})$ для оптичної поверхні буде включати довжину хвилі й число необхідних іспитових стендів. Час випромінювання буде від 60 до 80 секунд у відповідності ISO/DIS 11254, лазерна група 4.

Обозначение повинне мати форму:

6/ $E_{th}; \lambda; nts$

16.2.3. Розташування.

Індикація повинна бути показана у зв'язку з ведещей лінією на поверхню, до якої вона ставиться або в таблиці й буде пов'язана з іншими кодами поверхні (3/, 4/, 5/) (див. рис. 13.1. і рис. 16.1).

16.2.4. Приклади позначення.

Приклад 1.

6/25 $J \cdot cm^{-2}$; 1064 нм; 2; 20 Гц; 5×100

Це значит, що дефекти на поверхні не допускаються при знергетической щільності випромінювання менше 25 $J \cdot cm^{-2}$ для лазера з довжиною хвилі 1064 нм, тривалості імпульсу від 10 до 30 ns у відповідності з групою 2 по ISO/DIS 11254, частотою повторення імпульсу 20 Гц при проведенні по 100 випробувань на 5 стендах.

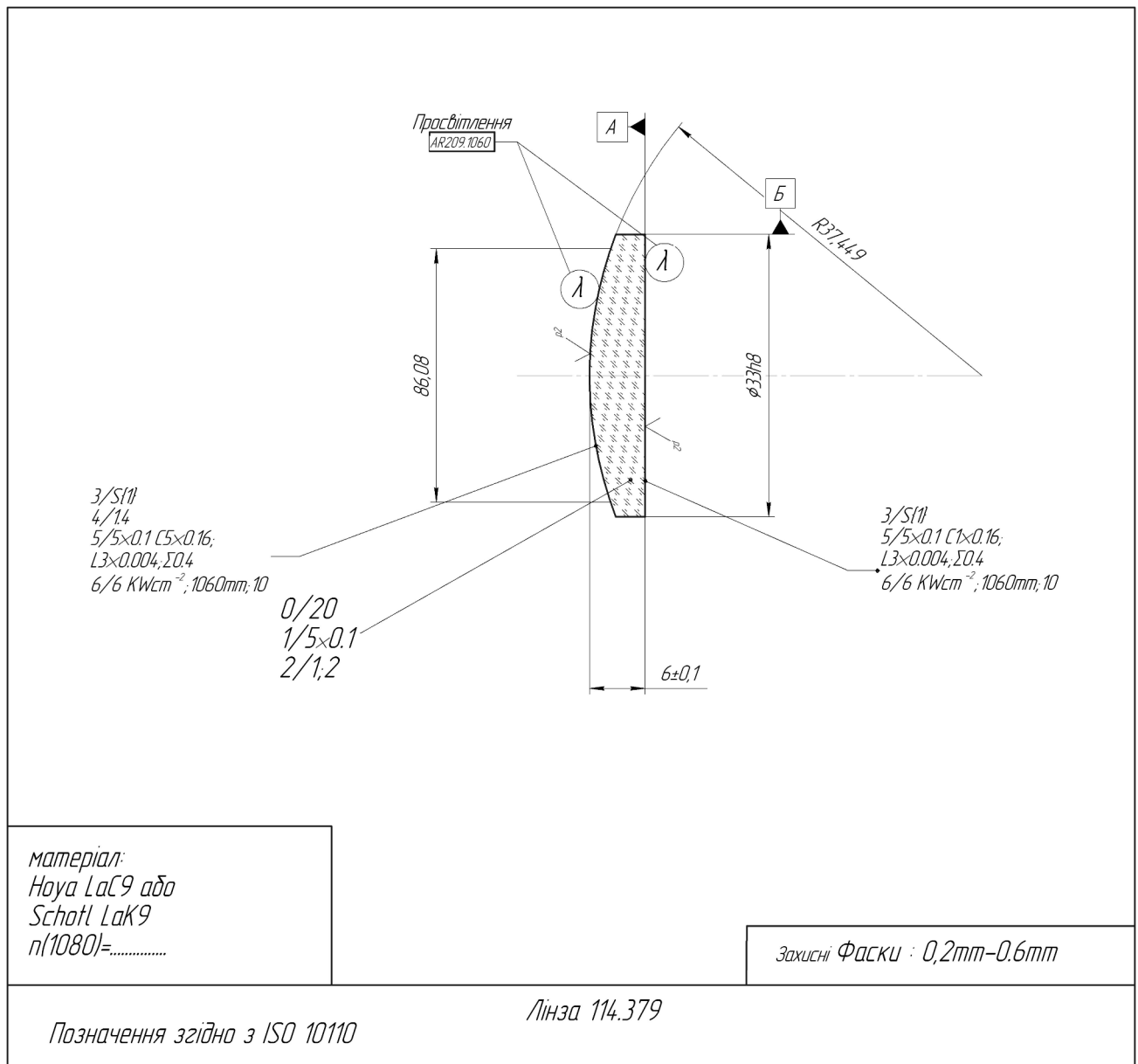


Рис. 16.1. Позначення порога руйнування від лазерного випромінювання.

Приклад 2.

6/6 KW·cm⁻²; 1064 нм; 10

Це значить, що нижче порога щільності потужності 6 KW·cm⁻² дефект на поверхні не допускається при випробуванні лазером, що генерують випромінювання в безперервному режимі на довжині хвилі 1064 нм, врмени випромінювання від 60 до 80 секунд (відповідно до лазерної групи 4 по ISO/DIS 11254) для 10 іспитових стендів.

