

Тема уроку. Оптичні та оптико-механічні вимірювальні прилади**1. Класифікація та призначення**

До оптичних приладів належать засоби, що здійснюють вимірювання шляхом використання законів поширення світла в оптичних системах. Оптична система – сукупність оптичних вузлів та деталей (лінз, призм, дзеркал, об'єктивів, окулярів і т. ін.), призначена для формування пучків світлових променів. У вимірювальних приладах використовують основні властивості оптичних систем: можливість одержувати дійсні та уявні збільшені зображення шкал приладів або об'єктів вимірювання за допомогою лінз; пропорційність кутів повороту дзеркал і відбитих від них променів; дисперсія, інтерференція та ін. Як правило, у вимірювальних приладах оптична система пов'язана з механічною. Прилади такого типу називають оптико-механічними. Вони призначені для високо-точних вимірювань розмірів виробів і відхилень від геометричної форми. Оптико-механічні прилади – різноманітні за призначенням і принципом дії як оптичної, так і механічної вимірювальних систем. До них належать оптикатори, оптиметри, довжиноміри, вимірювальні машини, контактні інтерферометри, вимірювальні мікроскопи і проектори. У вимірювальному механізмі оптиметрів та оптикаторів поєднуються механічний і оптичний важелі, тому такі прилади іноді називають важільно-оптичними. За положенням лінії вимірювань прилади поділяють на вертикальні (В) та горизонтальні (Г), а за способом відліку показань – на окулярні (О) та екранні (Е). Приклад маркування оптиметра: ОВО – оптиметр вертикальний окулярний.

2. Основи оптичних методів вимірювань.

Із погляду фізичної оптики видиме світло є електромагнітним випромінюванням у діапазоні довжин хвиль від $\lambda = 0,38$ мкм (фіолетовий колір) до $\lambda = 0,78$ мкм (червоний колір). Швидкість світла залежить від середовища, в якому воно поширюється. Показник заломлення характеризує оптичні властивості середовища і визначається відношенням $n = C/C_{\text{ср}}$, де C – швидкість світла в порожнечі; $C_{\text{ср}}$ – швидкість світла у певному середовищі. Вона залежить від довжини хвилі світла: чим більша довжина хвилі, тим менший показник заломлення. Це явище називається дисперсією світла і використовується для розкладання світла, наприклад, за допомогою призм. Із погляду геометричної оптики джерелом світла є точка, промінь світла – лінія, по якій поширюється світло, світловий потік – сукупність світлових променів. У однорідному прозорому середовищі світло поширюється від джерела прямолінійно на всі боки з однаковою швидкістю. Світлові промені в пучку не впливають один на одного. Кут відбиття променя від поверхні дорівнює куту падіння. Кутом падіння називають кут

між напрямом падаючого променя і перпендикуром до межі розділу середовищ, відновленим із точки падіння. Кутом відбиття називають кут між цим же перпендикуляром і напрямом відбитого променя. Якщо падаючі паралельні промені після відбиття залишаються паралельними, то таке відбиття називають дзеркальним, а якщо вони після відбиття не паралельні, то дифузійним. Оптичні прилади містять дзеркала і лінзи. Лінзою називають прозоре тіло, обмежене двома криволінійними поверхнями. Існують лінзи, обмежені з одного боку криволінійною поверхнею (опуклою або увігнутою), а з другого боку – площиною. Пряма, що проходить через центри кривизни поверхонь лінзи, називається головною оптичною віссю лінзи. Якщо одна з поверхонь лінзи є площиною, то оптична вісь проходить перпендикулярно через центр кривизни другої поверхні. Точка лінзи, через яку проходять промені без зміни свого напрямку, називається оптичним центром лінзи. Через нього проходить і головна оптична вісь. У оптичному приладі лінза, звернена до предмета (об'єкта), називається об'єктивом, а лінза, звернена до ока спостерігача, – окуляром. Окуляр та об'єктив складаються з кількох лінз. Точка, в якій сходяться промені, називається фокусом. Площина, що проходить через фокус перпендикулярно головній оптичній осі, називається фокальною площиною, а відстань по головній оптичній осі від фокальної площини до оптичного центра лінзи – окусною відстанню цієї лінзи. Будь-яка пряма, що проходить через оптичний центр лінзи, називається побічною віссю лінзи. Ми вже розглядали групу приладів, що мають механічний важіль. В оптичних приладах теж є свої оптичні важелі. Принцип дії оптичного важеля: на дзеркало падає промінь світла і відбивається на шкалу приладу. Якщо дзеркало нахилити на кут α , то відбитий промінь зміститься на відстань $l = 2\alpha L$, де L – відстань шкали від дзеркала. Оптичний важіль можна одержати також за допомогою об'єктива і дзеркала. Предмет висотою AB , поміщений перед лінзою на відстані a , дасть своє зображення $A'B'$ на екрані, розміщеному на відстані a' .

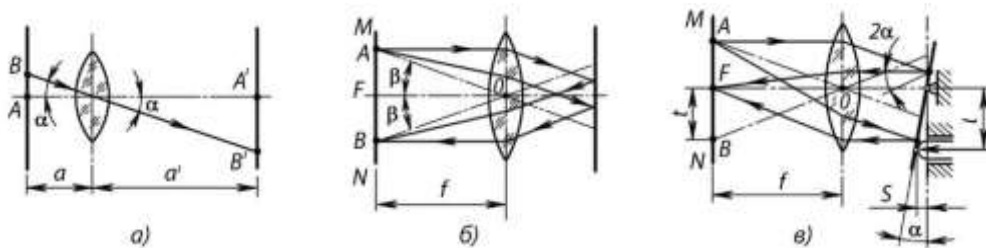


Рис. 1. Принципи оптичного важеля та автоколімації

Із цієї схеми, за аналогією з механічним важелем, можна визначити передаточне відношення $i_{ov} = A'B'/AB = a'/a$, де AB – висота предмета; $A'B'$ – висота зображення предмета; a і a' – мале та велике плечі оптичного важеля. Оптичний важіль, порівняно з механічним, має низку переваг. У механічних важелях збільшення плеча важеля чи збільшення передаточного відношення передачі спричиняє або збільшення габаритів приладу, або значні складнощі,

пов'язані з виготовленням малих плечей. У оптичному важелі можна міняти довжину плечей введенням у схему дзеркал для повторних віддзеркалень променів, не збільшуючи габаритів приладу. Окрім оптичного важеля, в оптичних і оптико-механічних приладах широко використовуються автоколімаційні системи, які дозволяють підсилити відхиляючу дію оптичної системи шляхом багаторазових віддзеркалень (рис. 1, б). Якщо у фокальній площині об'єктива поставити екран MN, помістити на ньому джерело світла в точці А, поставити за об'єктивом дзеркало перпендикулярно головній оптичній осі, то промені, відбившись від дзеркала і пройшовши через об'єктив, зберуться в точці В на площині екрана. У такому випадку точка В буде автоколімаційним зображенням точки А. Водночас точка В, виходячи з рівності трикутників АОF та ВOF (прямокутні трикутники мають спільний катет і рівні кути β), буде розміщена симетрично точці А відносно головної оптичної осі ($AF = BF$). Якщо за допомогою вимірювального стрижня, розміщеного на відстані l від осі повороту дзеркала, останнє відхилити на кут α (рис. 1, в), то напрям відбитих променів зміниться на кут 2α і зображення точки А буде вже не в точці В. При куті $2\alpha = \beta$ воно збігатиметься з головним фокусом оптичної системи. У загальному випадку переміщення t автоколімаційного зображення точки А при повороті дзеркала на кут α буде дорівнювати $ftg2\alpha$, де f – фокусна відстань. Передаточне відношення такої системи визначається як відношення переміщення зображення точки А до відповідного переміщення S вимірювального стрижня: $i = t/S = ftg2\alpha/(ltg\alpha)$. При малих кутах повороту дзеркала, близьких до нуля $tg\alpha = \alpha$; $tg2\alpha = 2\alpha$; $i = 2f/l$. Як видно з рівності, передаточне відношення автоколімаційної системи не залежить від відстані між дзеркалом та об'єктивом. Це дає змогу робити прилади з автоколімаційними системами достатньо компактними, такими, що мають високу чутливість, і отримувати значення ціни поділки до 0,0002 мм. Оптичні важелі й автоколімаційні системи використовуються в оптиметрах і в пружинно-оптичних приладах – оптикаторах.