

Тема уроку. Оптичні та оптико-механічні вимірювальні прилади. Оптикатори.

1.Оптикатори. Оптикатори є вимірювальними пружинно-оптичними головками, в яких механічна пружинна передача поєднується з оптичним важелем. Вони вирізняються високою точністю та стабільністю вимірювань, призначені для перевірки кінцевих мір та особливо точних вимірювань відповідальних виробів і застосовуються в універсальних стояках С-1 та пристосуваннях із приєднувальним діаметром 28 мм. Оптикатор (рис. 1, а) має таку ж будову пружинної передачі, як мікрокатор, але замість стрілки у середині пружинної стрічки 1 приклеєне мініатюрне дзеркало 2. Світло від лампочки 6 проходить через конденсор 5 і щілину діафрагми 4, посередині — якої натягнуто нитку.

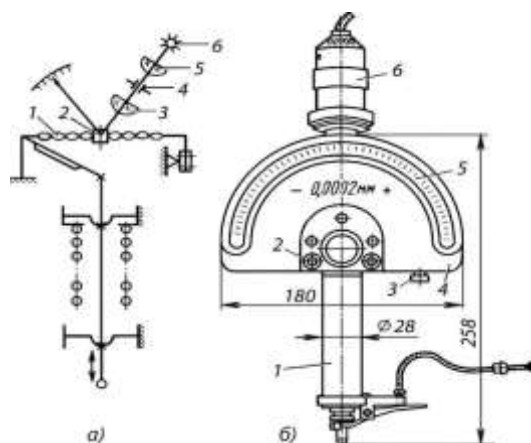


Рис. 1. Оптикатор: а - схема; б - будова

Конденсор – це оптична система, що служить для освітлення даного або проєктованого предмета паралельними променями світла. Зображення нитки проєктується об'єктивом 3 на дзеркало 2 і, відбившись від нього, потрапляє на шкалу приладу. Оскільки переміщення за шкалою дорівнює подвоєному куту повороту дзеркала, помноженому на відстань від дзеркала до шкали, передаточне відношення оптикатора у 2 рази більше, ніж у мікрокатора. Оптикатори мають більший діапазон показань та менші похибки вимірювань і варіації показань, ніж мікрокатори з тією ж ціною поділки шкали. Їхні основні показники наведено у таблиці. 1.(Основні показники оптикаторів, мкм)

Тип	Ціна поділки	Межі вимірювань	Допустима похибка на будь-якій ділянці шкали в межах		Варіація показань
			100 поділок	понад 100 поділок	
01П	0,1	±12	0,05	0,1	0,03
02П	0,2	±25	0,1	0,2	0,06
05П	0,5	±50	0,2	0,4	0,15
1П	1,0	±125	0,4	0,8	0,30

Оптикатор (рис. 1, б) має корпус 4, на якому встановлені освітлювач 6 і приєднувальна трубка 1. Положення шкали 5 у межах ± 6 поділок регулюють гвинтом 3. Поворотом кнопок 2 переміщують два світлофільтри (зелений та червоний), які слугують покажчиками поля допуску виробів. Оптикатори використовують для відносних вимірювань методом порівняння з мірою. Порядок настроювання приладу і вимірювань такий самий, як для пружинних вимірювальних головок.

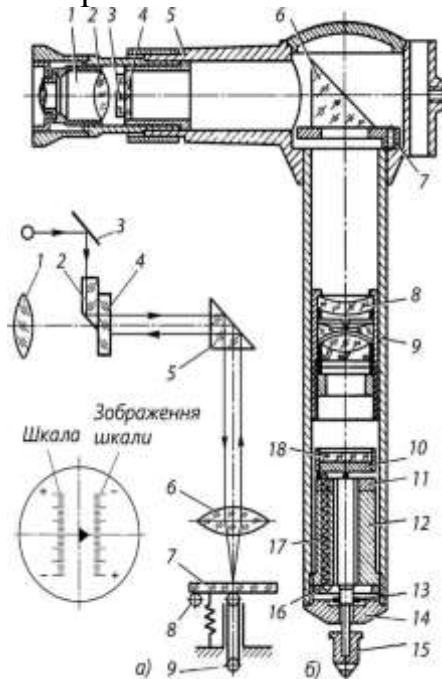


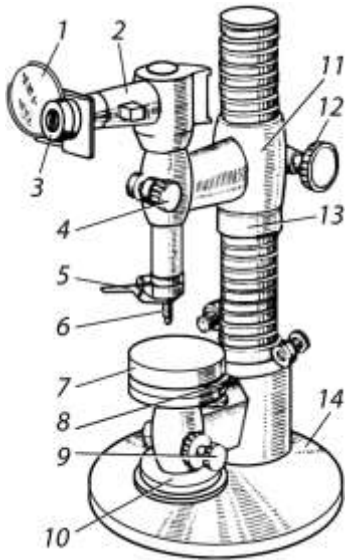
Рис. 2. Трубка окулярного оптиметра:
а - схема; б - будова

2. Вертикальний окулярний оптиметр.

Вертикальні оптиметри застосовують для точного вимірювання зовнішніх розмірів виробів: довжини плоскопаралельних кінцевих мір, діаметрів гладких пробок калібру, нарізних калібрів, кульок і дроту, товщини тонких листів і т. ін. Оптична схема вимірювальної трубки оптиметра з окулярним відліком та його шкала показані на рис. 2, а. Світловий потік від зовнішнього джерела світла А, відбившись від дзеркала 3, через призму 2 повного внутрішнього віддзеркалення освітлює шкалу, нанесену на лівому боці окулярної сітки 4, яка розташована у фокальній площині об'єктива 6.

Сіткою називається скляна пластина, на якій різними способами нанесено штрихи, цифри, шкали, марки, профілі об'єктів різної конфігурації (різи, зубці) і т. ін. Призма 5 повертає хід променів на 90° і дозволяє надати трубці зручної форми коліна. Світловий потік проходить через об'єктив і, відбившись від дзеркала 7, дає автоколімаційне зворотне зображення шкали у правій частині окулярної сітки, на якій нанесено покажчик, що відповідає схемі автоколімації, показаній на рис. 2, б. Дзеркало 7 притискається двома пружинами до кульок 8 і вимірювального стрижня 9. При відхиленні дзеркала, викликаного переміщенням стрижня, зображення шкали на окулярній сітці зміщується щодо покажчика відповідно до схеми автоколімації, показаної на рис. 2, в. Збільшене зображення шкали можна спостерігати через окуляр 1. У трубках оптиметрів фокусна відстань $f = 200$ мм, а довжина механічного важеля $l = 5$ мм, що забезпечує передаточне відношення $i = 2f/l = 2 \cdot 200/5 = 80$. Шкала оптиметра має кількість поділок $n = 200$ з інтервалом поділок $a = 0,08$ мм. Ціна поділки $C = a / i = 0,08 / 80 = 0,001$ мм. Збільшення окуляра $\Gamma X = 12$ забезпечує зручне спостереження шкали. Видимий інтервал поділки шкали становить $a' = a \cdot \Gamma X = 0,08 \cdot 12 = 0,96$ мм. Межі вимірювань за шкалою $\pm Cn / 2 = \pm(0,001 \cdot 200) / 2 = \pm 0,1$ мм. Усі деталі трубки оптиметра збирають і встановлюють у коліноподібній трубці (рис. 2, б). Вимірювальний стрижень із наконечником 15 і дзеркало 18, встановлене на основі 10, збирають на

втулці 12, яку закріплюють у трубі гайкою 16 із зовнішньою нарізкою. Основу 10 притискають пружиною 17 до кульок на шайбі 11 і стрижня. Шайба 13 обмежує хід стрижня, впираючись у кришку 14. Лінзи 8 об'єктива зібрані у трубі 9. Призма 6 встановлена на платі 7. Окулярна сітка 4, на якій фотографічним шляхом нанесено шкали та покажчик, і освітлювальна призма 3 закріплені в тубусі 5, який трьома



радіальними гвинтами укріплений у втулці 2. На втулку за допомогою

багатоходової різі нагвинчують окуляр 1, що дозволяє регулювати чіткість зображення шкали. Вертикальний оптиметр ОВО-1 (рис. 3) є поєднанням трубки 2 оптиметра зі стояком типу С-П.

На трубку надітий аретир 5 для відведення вимірювального наконечника 6. Трубка затискається гвинтом 4 у розрізній муфті кронштейна 11, який переміщується по колонці під час обертання кільця 13 і фіксується гвинтом 12. Колонка запресована в стояк-основу 14, на якій розміщено предметний стіл 7. В оптиметри є система вертикального мікропереміщення столу і зміни нахилу його площини щодо осі

Рис.3. Оптиметр ОВО-1

вимірювання (осі вимірювального наконечника) (рис. 4). Вісь вимірювального наконечника має бути перпендикулярна площині столу, щоб уникнути похибок, виникнення яких схематично представлено на рис. 4, б.

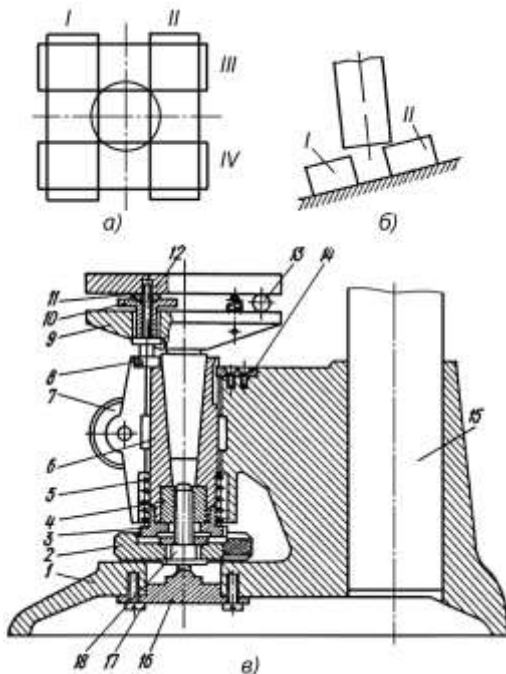


Рис. 4. Конструкція та схема встановлення столу оптиметра перпендикулярно до осі вимірювального стрижня:

1 – основа; 2 – гайка переміщення столу; 3 – мікрометрична гайка; 4 – упорна втулка; 5 – пружина; 6 – кінчна втулка; 7 – гвинт затискача столу; 8 – гвинт; 9 – основа столу; 10 – накатані головки встановлення столу; 11 – шпилька; 12 – предметний стіл; 13 – кулька; 14 – шпонка; 15 – колонка; 16 – під'ятник; 17 – гвинти; 18 – мікрометричний гвинт

Нахил столу встановлюють обертанням мікрогвинтів 8 (рис. 3). У вертикальному напрямі стіл переміщують у межах кількох міліметрів обертанням гайки 10 мікрометричного механізму і фіксують гвинтом 9. Перпендикулярність осі вимірювального стрижня до площини столу перевіряють із надітим на стрижень плоским вимірювальним наконечником за допомогою плоскопаралельної кінцевої міри розміром приблизно 10 мм. Міру притирають до столу і, ослабивши гвинт 12,

обертанням кільця 13 опускають кронштейн 11, поки наконечник 6 не торкнеться міри. Момент контакту відзначають за переміщенням зображення шкали в окулярі 3. Дзеркальцем 1 направляють світло в освітлювальну призму. Застопоривши кронштейн гвинтом 12, виконують ряд вимірювань, установлюючи міру відносно наконечника в положеннях I, II, III та IV (рис. 4, а). Якщо площина наконечника не паралельна площині столу (рис. 4, б), то показання оптиметра при різних положеннях міри відрізняться одне від одного. Обертанням мікрогвинтів 8 стіл установлюють так, щоб у всіх чотирьох положеннях міри показання були однакові. Оптиметр установлюють на нуль (на розмір початкової міри) (рис.5) у такому порядку. Міру заданого розміру притирають до столу з гладкою поверхнею. Стіл зазда- легідь переводять у нижнє положення. Кронштейн 11 із трубкою 2 (рис. 3) плавно опускають до торкання без поштовху з поверхнею міри. Обертанням кільця 13 вста- новлюють зображення шкали так, щоб нульовий штрих був дещо нижчий за покажчик, і кронштейн закріплюють гвинтом 12. Установлення приладу на нуль здійснюють, піднімаючи стіл обертанням гай- ки 10, і фіксують гвинтом 9. Установлення на нуль перевіряють, піднімаючи та опускаючи аретиром вимірювальний наконечник 2–3 рази. Якщо показання оптиметра нестабільні, то прилад знову вста- новлюють на нуль кільцем 13. Під час вимірювань, піднявши наконечник аретиром, замінюють міру виробом. За показаннями оптиметра знаходять відхилення розміру виробу від розміру міри. Циліндричні вироби, наприклад, гладкі калібри-пробки, прокатують під вимірювальним наконечником; найбільше показання відповідає діаметру виробу у вимірюваному перетині (рис.б). Оптиметри комплектують змінними вимірювальними наконечниками. Сферичні наконечники використовують для вимірювання плоских та циліндричних виробів діаметром понад 10 мм, ножеподібні наконечники – для циліндричних виробів діаметром менше 10 мм, плоскі наконечники – для сферичних виробів, наприклад, кульок. Вимірювані вироби встановлюють або безпосередньо на предметний стіл, або на накладний стіл із ребристою по- верхнею, який притирається до предметного столу. Площу ребристої поверхні легше довести до необхідної площинності, і вона менше, ніж гладка поверх- ня, схильна до забруднень, що призводять до похибок вимірювань.

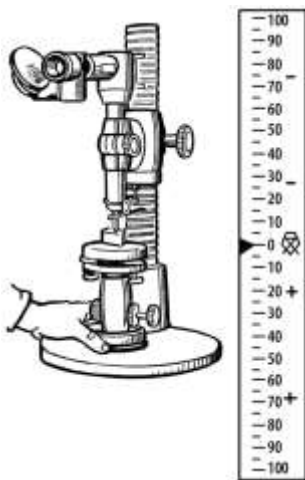


Рис. 5. Установлення приладу на нуль

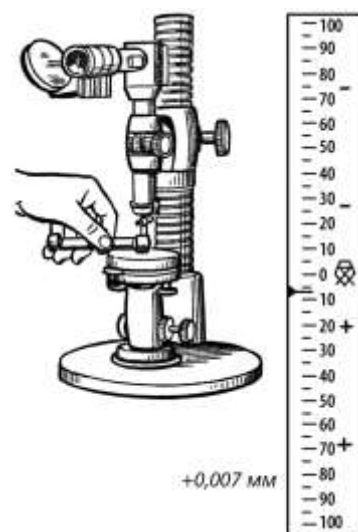


Рис. 6. Вимірювання деталі і відлік показань

3. Горизонтальний окулярний оптиметр. Горизонтальний оптиметр ОГО-1 (рис.7, а) дозволяє вимірювати зовнішні розміри до 350 мм, зовнішні діаметри до 225 мм та внутрішні діаметри до 150 мм. Внутрішні вимірювання в межах 1...13 мм виконують за допомогою електроконтактної головки ГК-3, а понад 13,5 мм – за допомогою пристосування ИП-3. На масивній основі 1 закріплені горизонтальні напрямні 2, по яких переміщують і фіксують у потрібному положенні кронштейни 3. У кронштейнах гвинтами 7 затиснуті піноль 4 та трубка 12 оптиметра. Виріб установлюють на стіл 11 між вимірювальними наконечниками 9, закріпленими на стрижнях пінолі та трубки. Стрижень пінолі переміщують мікрогвинтом 5 і фіксують гвинтом 6. Стіл 11 має механізм для переміщення у трьох взаємно перпендикулярних напрямках і для обертання навколо поперечної горизонтальної та вертикальної осей. Вертикальне переміщення столу виконують обертанням ручки 19, обмежують гвинтом 14 та фіксують гвинтом 18. Поперечне переміщення столу здійснюють обертанням гвинта 13. У поздовжньому напрямі вільно переміщається тільки накладна верхня частина столу, встановлена на кулькових опорах. Навколо вертикальної осі стіл повертають рукою 20. Похитування щодо поперечної горизонтальної осі здійснюють ексцентриком 17. У встановленому положенні стіл фіксують гвинтом 15. Вертикальний штатив 10 слугує для встановлення пристосувань, наприклад, упору, при перевірці серій виробів однакового розміру або електроконтактної головки ГК-3. Регульовальними гвинтами 16 встановлюють стояк у горизонтальне положення за рівнем. Перед вимірюванням взаємне положення наконечників регулюють так, щоб осі стрижнів пінолі та трубок знаходилися на одній прямій. Для цього між наконечниками на столі встановлюють кінцеву міру розміром 0,5...2 мм. Переміщуючи кронштейни 3 і піноль 4, наконечники доводять до стикання з поверхнями міри. Мікрогвинтом 5 установлюють шкалу оптиметра на певне показання. Регулювання виконують гвинтами 8, розміщеними під кутом 90°, які зміщують стрижень пінолі у радіальних напрямках. Обертаючи викруткою по черзі гвинти 8, добиваються найбільшого показання оптиметра для сферичних наконечників та найменшого показання – для плоских. При встановленні оптиметра на нуль за блоком кінцевих мір довжини лінія вимірювання має проходити перпендикулярно до вимірювальних граней мір. Предметний стіл із блоком мір і кронштейни встановлюють у положення, за якого вимірювальні наконечники пінолі та трубки стикаються в серединній точці мір. Мікрогвинтом 5 встановлюють шкалу приладу в положення біля нульової точки. Почерговими поворотами столу навколо вертикальної осі рукою 20 і похитуваннями столу ексцентриком 17 досягають найменшого показання оптиметра. Потім, обертаючи гвинт 5 пінолі, встановлюють шкалу на нульове положення. Відводячи наконечник трубки аретиром, перевіряють правильність установлення нульового положення. При вимірюванні зовнішніх розмірів установлення виробу в правильне положення стосовно лінії вимірювання здійснюють кількома способами залежно від форми виробу. 1. Вимірювання розмірів плоскопаралельних виробів, наприклад, перевірку кінцевих мір довжини, виконують так само, як установлення оптиметра на нуль. Поворотами та нахилами столу досягають найменших показань оптиметра, які відповідатимуть

відхиленню від довжини встановлювальної міри. При цьому лінія вимірювання є перпендикулярною до паралельних площин виробу. 2. При вимірюванні зовнішніх діаметрів циліндричних виробів, наприклад пробок калібру, лінія вимірювання має перетинати вісь виробу під прямим кутом. Циліндр слід установлювати так, щоб його вісь була паралельна або вертикальна до поверхні столу.

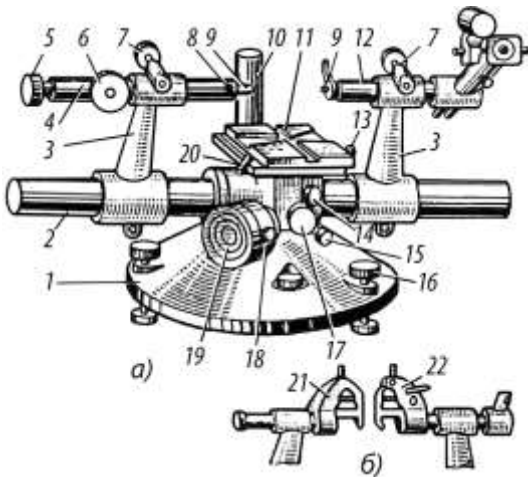


Рис.7. Горизонтальний оптиметр ОГО-1: а – будова; б – із пристосуванням ИП-3

У першому випадку після встановлення оптиметра на нуль за блоком кінцевих мір вимірювальний наконечник трубки оптиметра відводять аретиром, міри знімають, стіл опускають униз і виріб закріплюють на столі в горизонтальному положенні за допомогою струбцини. Потім стіл встановлюють у положення, за якого вимірювальні наконечники торкаються циліндра за діаметром. Для цього рукою 19 (рис. 7.) переміщують стіл у вертикальному положенні, добиваючись найбільших показань за шкалою оптиметра. При цьому лінія вимірювання має перетинати вісь виробу. Потім поворотами столу рукою 20 досягають найменших показань оптиметра, за яких вісь виробу стає перпендикулярною до осі вимірювання. Оскільки попереднє встановлення при цьому може порушитися, вимірювання повторюють і продовжують, доки найбільше показання під час переміщення столу не збігатиметься з найменшим показанням при повороті. Якщо циліндр ставлять на стіл так, що його вісь перпендикулярна до площини столу, то стіл переміщують у поперечному напрямі перпендикулярно до осі вимірювання, обертаючи гвинт 13, і похитують стіл ексцентриком 17. Найбільше показання при переміщенні має збігтися з найменшим показанням при похитуванні. 3. При вимірюванні кульок лінія вимірювання має проходити через центр сфери. Стіл переміщують у вертикальному і поперечному напрямках доти, доки найбільші показання оптиметра за цих операцій не будуть збігатися. Внутрішні розміри виробів (кілець калібру, скоб і т. ін.) на горизонтальному оптиметрі вимірюють за допомогою пристосування ИП-3, яке складається з двох майже однакових дуг 21 та 22, що надягають на піноль і трубку оптиметра (рис. 7, 8.). На стрижні пінолі та трубки при цьому встановлюють плоскі наконечники. Дуга, яку надівають на трубку оптиметра (рис. 9.), складається з кронштейна 4 і сережки 1, що є П-подібним важелем із вимірювальним наконечником 13 на кінці. Серезка кріпиться гвинтом 3 на осі 2, яка повертається на підшипникових опорах кронштейна 4. Кронштейн надівають на трубку 8 оптиметра до упору в нарізне кільце 10, положення якого у втулці кронштейна фіксується гвинтом 9. Пружина 6 через захват 7 притискує кульку 12 сережки 1 до плоского наконечника 11 трубки. Відведення сережки здійснюють важелем 5 аретира.

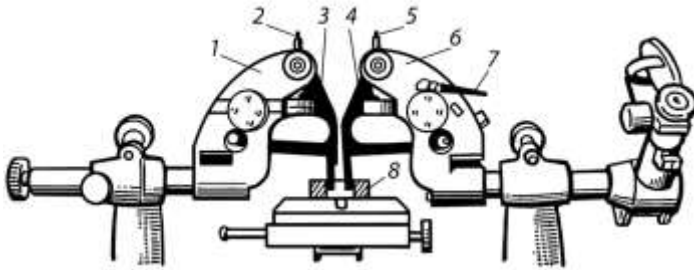


Рис.8. Пристрій для вимірювання внутрішніх розмірів: 1 – лівий утримувач; 2 – гвинт кріплення дуги пінолі; 3, 4 – вимірювальні дуги; 5 – гвинт кріплення дуги трубки; 6 – правий утримувач; 7 – аретир; 8 – вимірювана деталь

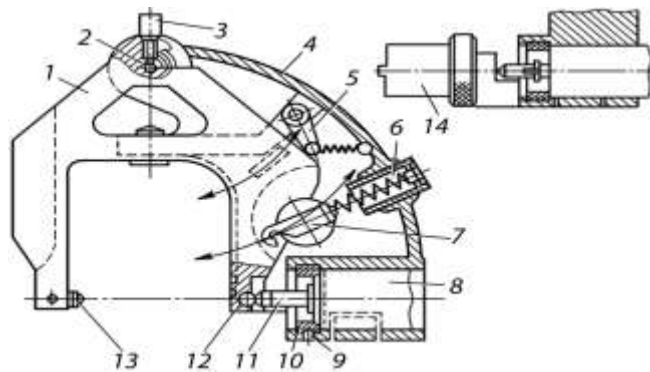


Рис. 9. Пристосування для вимірювання внутрішніх розмірів

Положення кронштейна на трубці перевіряють установлювальним калібром 14. Калібр упирають у втулку кронштейна. Якщо показання оптиметра виходять за межі ± 5 мкм або зображення шкали не переміщується в полі зору, то звільняють стопорний гвинт 9 і, користуючись зворотним боком установлювального калібру 14 як торцевим ключем, регулюють положення нарізного кільця 10. Перед вимірюванням внутрішніх розмірів оптиметр установлюють на нуль за блоком кінцевих мір із притертими боковиками або за атестованим кільцем. Послідовність переміщень столу при встановленні на розмір за блоком мір і в процесі вимірювання скоб калібру така сама, як і під час вимірювання зовнішніх розмірів виробів із плоскими поверхнями. При вимірюваннях внутрішніх діаметрів виробів і встановленні на нуль за кільцем стіл переміщають так само, як при вимірюваннях зовнішніх циліндрів.

4. Вертикальні екранні оптиметри. Оптиметри ОВЭ є вдосконаленою моделлю оптиметра ОВО-1. Наявність екрана полегшує процес вимірювання і підвищує його продуктивність. У оптичній схемі екранного оптиметра (рис. 10, а) промені світла від лампи 1 через конденсор 2, світлофільтр 3, лінзу 4 і призму 5 освітлюють правий бік скляної пластини 6, на якій нанесено шкалу, розміщену у фокальній площині об'єктива 8. Між об'єктивом і пластиною розміщене дзеркало 7, що змінює напрям ходу променів. Після об'єктива паралельні промені світла відбиваються від нерухомого 9 та хитного 10 дзеркал і, пройшовши зворотний шлях через об'єктив і дзеркало 7, дають зворотне автоколімаційне зображення шкали на лівій частині пластини 6 із покажчиком відліку. Зображення шкали і покажчика проектується об'єктивом 11 через систему дзеркал 12, 13 та 15 на

матовий скляний екран 14. Дзеркало 10 зв'язане механічним важелем із вимірювальним стрижнем приладу. В оптиметрах ОВЭ-1 кут між дзеркалами 9 та 10 становить $37^{\circ}30'$

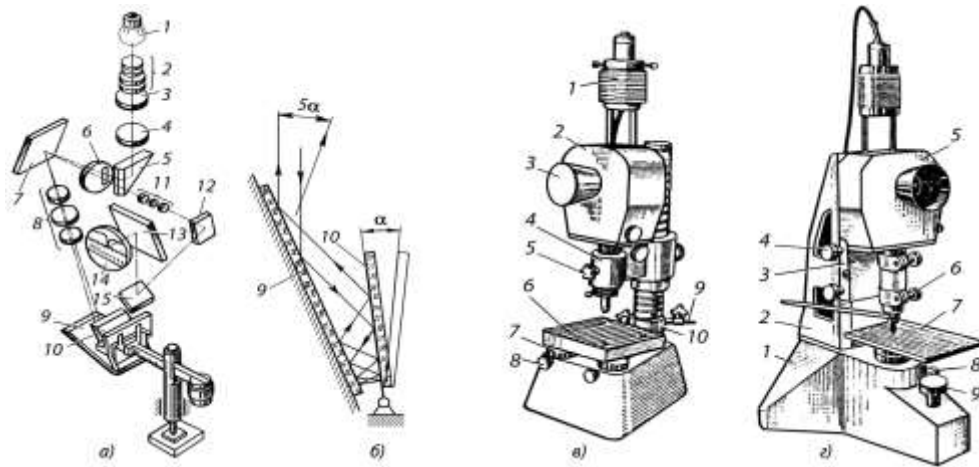


Рис. 10. Оптичні схеми (а, б) і загальний вигляд екранних оптиметрів ОВЭ-1 (в) та ОВЭ-02 (г),

і промені світла відбиваються від дзеркала, що коливається, один раз, тому чутливість приладу така ж, як у оптиметрів ОВО-1. В оптиметрах кут між оптичними елементами – 15° , а це забезпечує багаторазове відбиття променів від дзеркала, що коливається (рис. 10, б). За рахунок багаторазового відбиття у результаті досягають великого результуючого відхилення променів від дзеркала 10. Тому передаточне відношення оптичної системи – більше, а ціна поділки шкали (0,0002 мм) оптиметра ОВЭ-02 – менша, ніж у оптиметрі ОВЭ-1. Оптиметр ОВЭ-1 (рис. 10, в) складається з вимірювальної головки 2 з освітлювальною системою 1. Усі оптичні частини приладу розміщені всередині корпусу, на передній частині якого встановлено екран, захищений від зовнішнього світла блен-дою 3. Головку закріплено гвинтом 5 у кронштейні 4 стояка С-П. Положення столу 6 із ребристою поверхнею регулюють маховичками 7 і фіксують гвинтами 8. Упор 9, закріплений у державці 10, використовують для перевірки партій сферичних та циліндричних виробів однакового розміру. На столі 6 є нарізні отвори для кріплення накладних столів і пристосувань. Для вимірювання виробів, установлення яких на стіл із ребристою поверхнею ускладнено, наприклад, калібрів-пробок і кульок, використовують стіл СТ-6 із гладкою поверхнею. В оптиметрі ОВЭ-02 (рис.10, г) є стояк, який складається з жорсткої литої основи 1 і призматичної колонки 2. Кронштейн 3 переміщують по напрямних колонки за допомогою кремальєри і стопорять гвинтами 4. Головку 5 оптиметра кріплять у кронштейні гвинтами 6. Предметний стіл 7 із ребристою поверхнею можна переміщувати у вертикальному напрямі гвинтом 9 мікроподачі і стопорити у встановленому положенні гвинтом 8.

