

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання лабораторної роботи №7  
«Оптико-механічні вимірювальні прилади»  
з дисципліни «Історія технологій та основи наукової діяльності»  
для студентів освітніх програм «Технології та устаткування  
зварювання», «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей та  
конструкцій» спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм  
навчання

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 7 «Оптико-механічні вимірювальні прилади» з дисципліни «Історія технологій та основи наукової діяльності» для студентів освітніх програм «Технології та устаткування зварювання», «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей та конструкцій» спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання / Укл.: О.Є. Капустян, Т.О. Акритова. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 19 с.

Укладачі: О.Є. Капустян, канд. техн. наук, доцент  
Т.О. Акритова, магістр, старш. лаб.  
Рецензент: М.Ю. Осіпов, канд. техн. наук, доцент  
Редактор: І.П. Аверченко  
Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено  
на засіданні кафедри ІТЗ та МК  
Протокол № 01 від 13.09.2023 р.

Рекомендовано  
до видання НМК ІФФ  
Протокол №6 від 16.01.2024 р.

**ЗМІСТ**

1 Мета роботи .....	4
2 Загальні відомості.....	4
2.1 Основні положення .....	5
2.2 Види оптиметрів їх конструкція та принципи роботи. ....	9
3 Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до роботи .....	18
4 Матеріали, інструмент, прилади обладнання .....	19
5 Вказівки з техніки безпеки .....	19
6 Порядок проведення лабораторної роботи .....	20
7 Зміст звіту.....	21
Рекомендована література .....	21

## 1 МЕТА РОБОТИ

Вивчення та аналіз конструкцій оптичних та оптико-механічних засобів вимірів лінійних розмірів та засвоєння методів визначення величин зносу зразків та деталей, величини їх деформацій та інше.

## 2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

При проведенні наукових досліджень пов'язаних зі зношуванням деталей, зварюванням, наплавленням, напиленням, відпрацюванням технологій різних напрямків, впровадженням їх в виробництво, практично завжди існує необхідність знань про геометричні характеристики, характер і величину зносу, лінійних розмірів наплавлених, чи напилених шарів, рівня деформації деталей та інше. Цю інформацію можна отримати з використанням великої кількості різних інструментів для вимірювання починаючи зі звичайних лінійок або рулеток до складних оптико-механічних, або оптичних приладів з комп'ютерним керуванням.

Вибір перш за все залежить від точності з якою потрібно отримати інформацію. Наприклад, для об'єктивної оцінки величини зносу зуба ковша екскаватора, може бути достатньо інструменту з ціною поділки 1-3 мм. В той час, як при замірах розмірів зносу робочих поверхонь багатьох інших видів деталей, наприклад золотникових елементів конструкцій, інструмент з ціною поділки в декілька мікрон може не забезпечити необхідну точність.

Ще можна привести інші приклади технічних задач коли потрібно забезпечити дуже високу точність вимірювань лінійних розмірів. Зокрема для підготовки зразків до рентгеноструктурного аналізу поверхневий шар зразків потрібно стравлювати на глибину в декілька мікрон, щоб запобігти впливу попередніх видів механічної підготовки, наприклад шліфування. Зробити виміри механічним інструментом з необхідною точністю в таких випадках буває практично неможливо. Тому для цього необхідно використовувати оптичні або оптико-механічні вимірювальні прилади, наприклад

оптиметри. Тому вивчення конструкцій таких приладів стало метою даної лабораторної роботи.

В оптичних і оптико-електронних вимірювальних приладах застосовують візуальну, фотографічну і оптико-електронну реєстрацію вимірюваної інформації. Візуальна реєстрація забезпечує досить високу точність при простій схемній реалізації, зручність і наочність при початковій установці і юстуванні, надійність і довговічність приладу. Однак вона застосовується тільки у видимій області спектру, вимагає тривалого часу для зняття відліку, схильна до помилок оператора і виключає автоматизацію процесу вимірювання. Фотографічна реєстрація дозволяє обробляти і документувати одночасно великий об'єм вимірювальної інформації у видимій, ближній УФ та ближній ІЧ областях спектру (спектрограф) з досить високою точністю, але вимагає застосування спеціальних процесів і технічних засобів для обробки фотоматеріалів, займає багато часу, ускладнює автоматизацію процесу вимірювання. Оптико-електронна реєстрація застосовується у всіх областях спектру, характеризується високою чутливістю, точністю, дуже малою постійною часу, легко автоматизується і комп'ютеризується. Однак вимагає складних електронних систем і викликає труднощі при початковій установці і юстуванні. Перспективним і широко застосованим у даний час методом є об'єднання в одному приладі візуальної і оптико-електронної реєстрації. При цьому в стадії налаштування використовується візуальний канал, а для робочих вимірювань - оптико-електронний.

## 2.1 Основні положення

Принцип дії оптичних засобів вимірів, засновано на використанні законів поширення світла в оптичних системах. Як правило, оптична система пов'язана з механічною, і прилади такого виду називають оптико-механічними.

У геометричній оптиці прийнято, що світло в однорідному середовищі поширюється прямолінійно. Кутом падіння називають кут між напрямком падаючого променя і перпендикуляром до межі поділу середовищ, відновленим з точки падіння, а кутом відбиття – кут між

цим же перпендикуляром і напрямком відбитого променя. Якщо падаючі паралельно промені після відображення залишаються паралельними, то таке відображення називають дзеркальним, якщо ж ці відбиті промені не паралельні – дифузійним.

Лінза – це прозоре тіло, обмежене двома криволінійними поверхнями. Існують лінзи, з одного боку обмежені криволінійною поверхнею (опуклою або ввігнутою), а з іншого – 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 через центр кривизни перпендикулярно другий поверхні. Ту точку лінзи, через яку промені проходять не змінюючи свого напрямку, називають оптичним центром лінзи (через нього проходить і головна оптична вісь). Як в оптичному приладі лінза, яка звернена до предмету (об'єкту), називається об'єктивом, а лінза, яка звернена до ока спостерігача – окуляром. Окуляр й об'єктив складаються з декількох лінз. Точка, в якій сходяться промені, називається фокусом, площина, що проходить через фокус перпендикулярно до головної оптичної осі – фокальною площиною, а відстань по головній оптичній осі від фокальної площини до оптичного центру лінзи – фокусною відстанню цієї лінзи. Будь-яку пряму, що проходить через оптичний центр лінзи, називають побічної віссю лінзи.

Всі оптичні вимірювання зводяться до поперечного і повздовжнього наведення перехрестя або іншого відлікового пристрою на шкалу або контрольований об'єкт і знання відліків з шкал. Точність наведення визначається властивостями ока, параметрами оптичної системи, типом шкали і формою контрольованого об'єкта.

Емпірично встановлено, що при поперечній установці досягається наступна точність:

- наведення сітки на об'єкт довільної форми - 30 – 60'';
- наведення індексу на шкалу і ноніусна установка - 10 -15'';
- бісекторна установка - 6 – 8''.

У лабораторній роботі №6 розглядалася група приладів, які мають механічний важіль. В оптичних приладах теж є важелі – оптичні. Різниця між цими видами важелів видно з рис. 2.1.

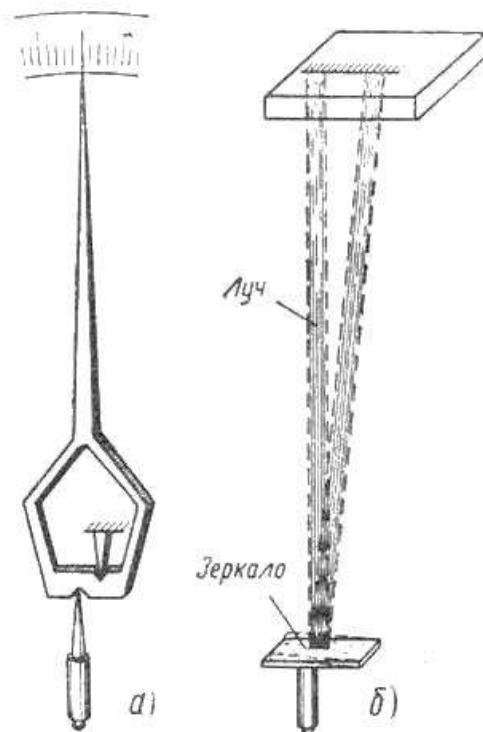
Зрозуміти, що таке оптичний важіль, допоможе схема, показана на рисунку 2.2, а. Предмет висотою АВ, поміщений перед лінзою на відстані  $a$ , дасть своє зображення висотою А'В на екрані,

розташованому на відстані  $a'$ . З цієї схеми, за аналогією з механічним важелем, можна визначити передаточне відношення:

$$i_{o.p.} = A'B'/AB = a'/a.$$

де  $a'$  і  $a$  – відповідно мале і велике плечі оптичного важеля.

Оптичний важіль у порівнянні з механічним має низку переваг. У механічному важелі збільшення його плеча або передаточного відношення веде або до збільшення габаритних розмірів приладу, або до виникнення значних труднощів, пов'язаних з виготовленням малих плечей. В оптичному важелі можна змінювати довжину плечей введенням в схему дзеркал для повторних відображень променів, не збільшуючи при цьому габаритних розмірів приладу.



а – механічний; б – оптичний

Рисунок 2.1 – Важелі

Крім оптичного важеля в оптичних і оптико-механічних приладах широко використовують автоколімаційні системи, що дозволяють посилити відхиляючу дію оптичної системи шляхом багаторазових відображень (рис. 2.2, б). Якщо в 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 екрану. В даному випадку точка В є автоколімаційним зображенням точки А і при цьому, виходячи з рівності трикутників AOF і BOF (прямокутні трикутники мають загальний катет і рівні кути  $\beta$ ), вона буде розташована симетрично точці А відносно головної оптичної осі ( $AF = BF$ ).

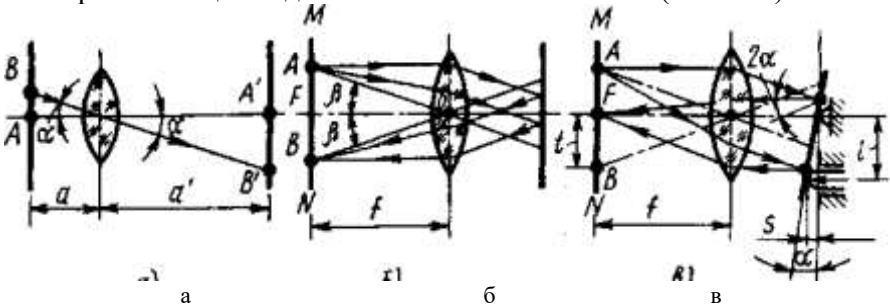


Рисунок 2.2 – Схеми, що пояснюють принципи оптичного важеля (а) і явища автоколімації (б, в)

Якщо за допомогою вимірювального стрижня, розташованого на відстані  $l$  від осі повороту дзеркала, останнє відхилити на кут  $\alpha$  (рис. 2.2, в), то напрям відбитих променів зміниться на кут  $2\alpha$  і зображення точки А буде вже не в точці В (якщо кут  $2\alpha = \beta$ , воно збігається з головним фокусом оптичної системи). У загальному випадку переміщення  $t$  автоколімаційного зображення точки А при повороті дзеркала на кут  $\alpha$  дорівнюватиме

$$ftg2\alpha,$$

де  $f$  – фокусна відстань.

Передачне відношення такої системи визначається як відношення переміщення зображення точки А до відповідного переміщення S вимірювального стрижня, тобто:

$$i = t/s = f \operatorname{tg} 2\alpha / (\operatorname{tg} \alpha).$$

При  $\alpha=0$  передаточне відношення:

$$i = t/S = 2f/l.$$

Як випливає з рівності, передаточне відношення автоколімаційної системи не залежить від відстані між дзеркалом і об'єктивом. Це дозволяє виготовляти прилади з автоколімаційними системами досить компактними, які володіють високою чутливістю, і отримувати значення ціни поділки до 0,0002 мм.

## 2.2 Види оптиметрів, їх конструкція та принципи роботи.

Оптичні важелі і автоколімаційні системи використовують в автоколіматорі, пружинно-оптичних приладах, а також в трубці оптиметра (рис. 2.3). Промені від джерела світла направляються (за допомогою зовнішнього дзеркала або без нього) в призму 3 повного внутрішнього відображення. Пройшовши через призму, вони потрапляють на шкалу, нанесену на прозору пластину 2 (поле а), яка розташована в фокальній площині об'єктива 5. Кожен промінь, який пройшов через шкалу, несе зображення тієї точки шкали, через яку він пройшов. Потім промені потрапляють на призму 4, введену в схему тільки для їх повороту на  $90^\circ$ . Відбиті від призми промені проходять через об'єктив 5 і падають на поверхню дзеркала 6 паралельним пучком. Дзеркало 6 встановлено на кульковій опорі і може відхилитися на невеликі кути під дією вимірювального стрижня 8.

Відображені від дзеркала паралельні промені, пройшовши назад через об'єктив і призму дають на поле б скляної пластини 2 автоколімаційне зображення шкали. Поле а закрито від спостерігача пофарбованою зовні призмою 3 (закрановано). Поле б є екраном, на якому спостерігач бачить зображення шкали з штрихами і цифрами. У центрі пластини нанесено нерухомий покажчик у вигляді чорного трикутника зі штрихом. Останній грає роль стрілки, відносно якої буде переміщатися автоколімаційне зображення шкали пропорційно переміщенню вимірювального стрижня. Спостерігач через окуляр 1 по

положенню зображення шкали відносно покажчика оцінює величину цього переміщення. Вимірювальне зусилля створюється пружиною 7, яка притискає дзеркало до торця вимірювального стрижня. Відліковий пристрій має симетричну шкалу з діапазоном  $\pm 100$  поділок. Ціна поділки дорівнює 0,001 мм, діапазон показань становить  $\pm 0,1$  мм.

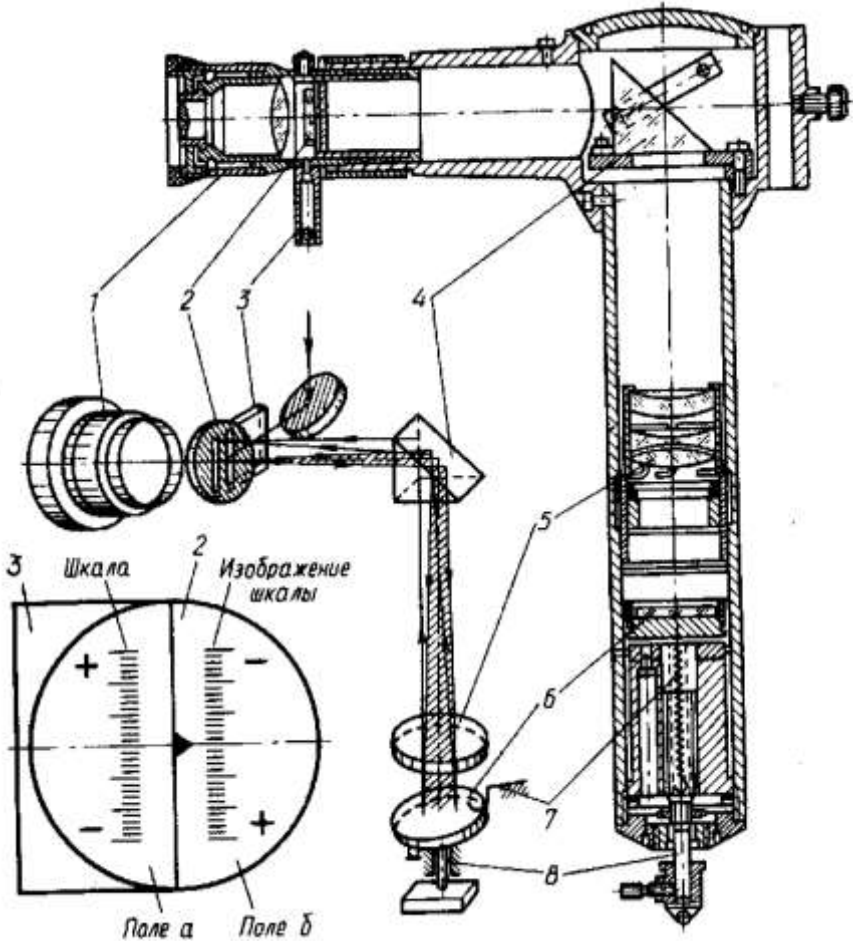


Рисунок 2.3 – Конструкція і схема трубки оптиметра

Така трубка знаходить застосування в різних оптиметра. Залежно від її положення, ці прилади класифікують на вертикальні і горизонтальні. Вітчизняна промисловість випускає наступні

оптиметри: ОВО-1, ОВЕ-1 і ОВЕ-02 (вертикальні); ОГО-1 (ІКГ) і ОГЕ-1 (горизонтальні). За способом відліку вони бувають окулярні і екранні.

Оптиметри застосовують для вимірювань методом порівняння кінцевих мір довжини, калібрів, кульок і роликів підшипників, а також інших деталей високої точності. Тонкі пластини, дріт і деталі, що мають розміри менше 0,2 мм, можуть бути виміряні за допомогою оптиметра методом безпосередньої оцінки.

Розглянемо пристрій і принцип дії вертикальних оптиметрів.

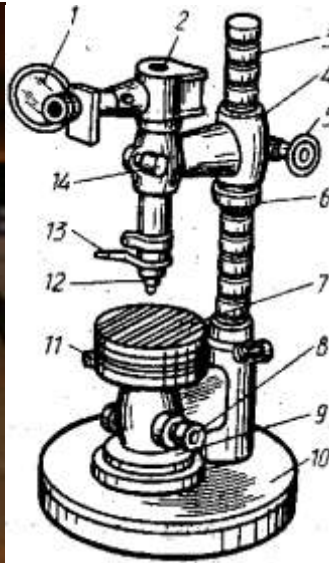
Вертикальний оптиметр ОВО-1 (рис. 2.4) складається з двох стандартних вузлів: трубки 2 оптиметра і стойки С-II. На трубці закріплені зовнішнє дзеркало 1 для направлення світлового потоку в щілину приймальні призми і аретир 13. Трубка затискається у розрізній муфті кронштейну 4 гвинтом 14. Кронштейн 4 фіксується в необхідному положенні на колонці 3 гвинтом 5. Переміщення кронштейна по колонці здійснюється гайкою 6 зі стрічковим різьбленням при відпущеному гвинті 5. Стіл 7 встановлюється в положення, перпендикулярне до осі вимірювального наконечника 12, за допомогою мікрометричних гвинтів 11 за спеціальною методикою. У вертикальному напрямку стіл може переміщатися (в межах декількох міліметрів) за допомогою мікрометричної гайки 9 і фіксуватися гвинтом 8. Колонка 3 запресована в масивну основу 10, що забезпечує надійну стійкість приладу.

Для перевірки правильності положення столу на вимірювальному стрижні оптиметра встановлюють змінний наконечник з плоскою доведеною п'ятою. До поверхні столика притирають плоскопаралельну кінцеву міру довжини розміром близько 10 мм. Послабивши гвинт 5, обережно, за допомогою гайки 6, опускають по колонці кронштейн з трубкою оптиметра до торкання наконечника з кінцевою мірою довжини. При цьому лише половина поверхні п'яти торкається міри, а половина як би нависає над її краєм. Щодо моменту торкання судять по початку руху шкали щодо покажчика. Після цього стопорять гвинт 5. Рекомендується створити попередній натяг між п'ятою наконечника і мірою, і для зручності відліку встановити шкалу на нульову позначку. З цією метою відпускають гвинт 8, мікрогайкою 9 доводять шкалу до нуля і фіксують гвинт 8. Після цього переміщують міру під наконечником, щоб п'ята на іншій стороні міри знову звисала наполовину. Потім все

це повторюють в напрямку, перпендикулярному початковим переміщенням. За чотирьома вимірами судять про стан поверхні предметного столу. Якщо його площина непаралельна плоскій п'яті вимірювального наконечника, то показання будуть різними. У цьому випадку вдаються до регулювання столу за допомогою мікрометричних гвинтів 11 до положення, при якому всі показання будуть однаковими.



а



б

а – загальний вид; б – схема

Рисунок 2.4 – Вертикальний оптиметр ОЮ-1

Налаштовуючи прилад на нуль, гайкою встановлюють зображення шкали так, щоб нульовий штрих був дещо нижчим покажчика. Далі виконують тонке налаштування на нуль переміщенням столу за допомогою мікрометричної гайки 9, проводять перевірку на стабільність показань аретиром, коригують настройку, за допомогою аретира відводять наконечник і знімають кінцеву міру. Під час виміру спочатку піднімають наконечник і ставлять під нього деталь, потім його опускають і за шкалою визначають відхилення дійсного розміру від налаштованого (настроєчного). Змінні вимірювальні наконечники значно розширюють можливості оптиметра. При використанні сферичних наконечників можна з

високою точністю вимірювати плоскі і циліндричні деталі діаметром більш 10 мм, ножеподібних – циліндричні деталі діаметром менше 10 мм, плоских – сферичні деталі (наприклад, кульки). Вимірювані деталі можуть бути встановлені або безпосередньо на гладкий предметний стіл, або на накладний ребристий столик, який притирається до першого. Для визначення діаметральних розмірів циліндричних деталей останні прокочують під вимірювальним наконечником.

Вертикальні оптиметри типу ОВЕ більш зручні в роботі, так як відлік у них здійснюється з екрану. Це робить процес контролю менш стомлюючим і дозволяє значно підвищити його продуктивність. Вертикальний оптиметр ОВЕ-1 має ті ж метрологічні показники, що і ОВО-1.

Вертикальний оптиметр ОВО-02 (рис. 2.5, а, б), випущений вперше фірмою «Цейс», був названий ультраоптиметром. Ця назва зберіглася за оптиметрами, які мають ціну поділки 0,0002 мм. На скляній пластині 17 нанесена шкала, яка висвітлюється джерелом світла 6, що містить лампочку і конденсор (лінзу або систему лінз, використовуваних в освітлювальних системах для створення паралельного світлового пучка). Шкала встановлена в фокальній площині об'єктива 16, після якого промені йдуть паралельно пучком, відбиваються від рухомого дзеркала 18, потрапляють на нерухоме дзеркало 15 і знову падають на рухоме дзеркало. Дворазове відображення променів від рухомого дзеркала значно збільшує передаточне відношення приладу. Відбившись вдруге від дзеркала 18, промені направляються на другий об'єктив 14, в фокальній площині якого розташована скляна пластина 13 з нерухомим покажчиком. На цю пластину проектується зображення шкали з пластини 17. Відлік здійснюється за допомогою окуляра 8 по взаємному положенню шкали і покажчика.

Оптиметри кріплять на стойці С-І, що складається з масивної основи 1 з колоною 2, що має вертикальні напрямні, по яких переміщається кронштейн 4. У потрібному положенні останній фіксується гвинтами 5. Головка 7 ультраоптиметра кріпиться в кронштейні гвинтами 9. Ребристий предметний стіл 10 може переміщатися в вертикальному напрямку за допомогою мікрогвинта 12 і зупинятися гвинтом 11. Прилад оснащений аретиром 3.

Ціна поділки ультраоптиметра становить 0,0002 мм, діапазон

показань  $\pm 0,083$  мм, вимірювальне зусилля ( $200 \pm 20$ ) сН.

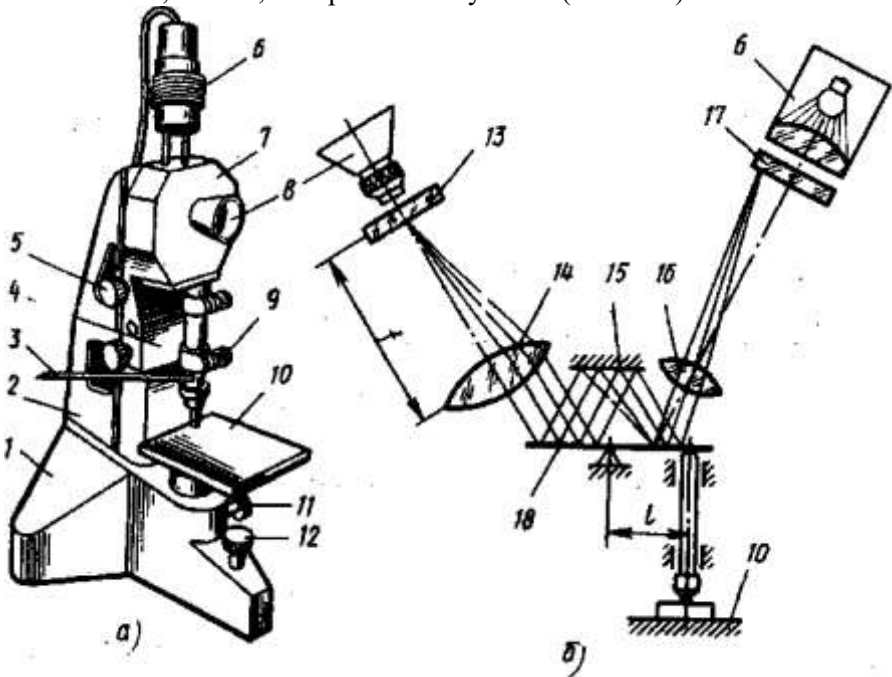


Рисунок 2.5 – Зовнішній вид (а) і схема (б) вертикального оптиметра ОВО-02

За допомогою горизонтальних оптиметрів можна вимірювати зовнішні розміри до 350 мм і внутрішні від 1 мм до 150 мм. При вимірах внутрішніх розмірів від 1 мм до 13 мм горизонтальний оптиметр оснащують додатково електроконтактною головкою ГК-3. При розмірах понад 13 мм застосовують пристосування ПП-3.

Горизонтальний оптиметри ОГО-1 (ІКГ) має масивну чавунну підставу 15 (рис. 2.6) із закріпленою в ній горизонтальною направляючою 13 кронштейнів 1 і 12. Щоб уникнути провертання, кронштейни забезпечені шпонками, які взаємодіють зі шпонковим пазом направляючої 13. У правому кронштейні встановлено трубка 10, а в лівому – піноль 4, які кріпляться в верхніх отворах кронштейнів за допомогою гвинтів 11 і 5. Стіл 8 може переміщатися в трьох взаємно перпендикулярних напрямках (вгору – вниз, перпендикулярно лінії вимірювання і уздовж неї). Крім того, він може повертатися навколо вертикальної і горизонтальної осей, які перпендикулярні лінії

вимірювання. Підйом і опускання столу здійснюють маховиком 19. У необхідному по висоті положенні стіл стопориться гвинтом 18. Гвинти 14 дозволяють обмежити крайні положення столу по висоті. Поперечне переміщення столу проводиться поворотом маховичка 9, а поздовжнє – прикладанням незначного зусилля, так як стіл виконано «плаваючим» в цьому напрямку по напрямних кочення. Поворот столу навколо горизонтальної поперечної осі здійснюють маховичком 17 і фіксують в потрібному положенні стопором 16. Користуючись важелем 20, повертають стіл навколо вертикальної осі. Для кріплення допоміжного упору, який використовують при вимірюванні партії однакових деталей, або головки ГК-3 прилад має стійку з гвинтом 7. Вимірювання здійснюють за допомогою вимірювальних наконечників, що встановлюються на стрижні пінолі і трубки оптиметра. Піноль забезпечена мікрометричним гвинтом 3 мікроподачі лівого наконечника. Гвинт 2 є стопором.

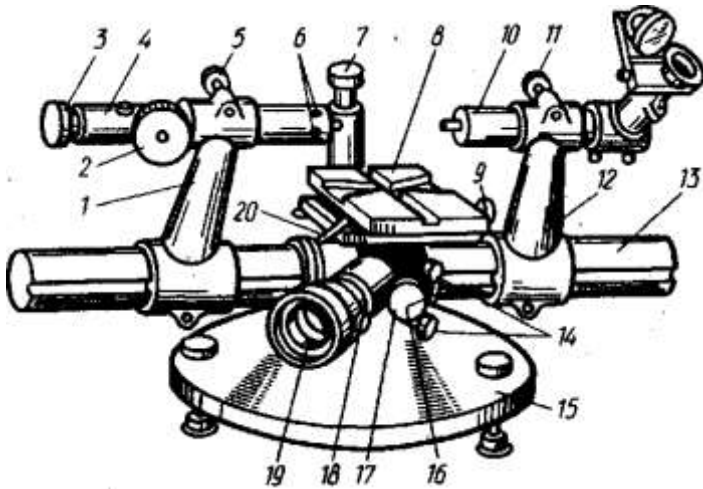
Незважаючи на те, що шпонковий паз направляючої 13 і шпонки кронштейнів забезпечують співвісність пінолі і трубки оптиметра, перед установкою приладу на нуль проводять перевірку співвісності наконечників. Необхідно домогтися, щоб зведені сферичні наконечники пінолі і трубки оптиметра торкалися одне одного діаметральними точками сферичних поверхонь.

Для цього переміщують кронштейни назустріч один одному майже до зіткнення наконечників, відпускають стопор 2, обертають гвинт 3, спостерігаючи в окуляр за шкалою оптиметра. Момент торкання збігається з початком руху шкали відносно покажчика.

Встановивши мікрометричним гвинтом 3 шкалу в нульове положення, фіксують його стопором 2. Потім викруткою обертають послідовно два гвинта 6, за допомогою яких наконечник пінолі може переміщатися в двох взаємно перпендикулярних радіальних напрямках. Повертаючи гвинти, спостерігають в окуляр за переміщенням шкали. Найбільшому відхиленню за шкалою відповідатиме правильне положення наконечників в цій площині. Якщо користуються наконечниками з плоскими вимірювальними поверхнями, їх виставляють на співвісність за допомогою кінцевої міри розміром 0,5...2 мм. Її поміщають між наконечниками і виконують регулювання у тій же послідовності. В цьому випадку правильному взаємному розташуванню наконечників буде відповідати найменше показання за шкалою оптиметра.



а



б

а – загалыйный вид; б – схема

Рисунок 2.6 – Горизонтальный оптиметр ОГО-1

В процесі вимірювань велику увагу приділяють правильній установці деталі щодо лінії вимірювання приладу. Способи установки залежать від умов вимірювань і зводяться до трьох основних випадків: вимір розміру між паралельними поверхнями; вимір діаметральних розмірів; вимір розмірів, обмежених сферичними поверхнями.

Найбільш типовим прикладом першого випадку є установка приладу на нуль і наступний вимір кінцевих плоскопаралельних мір довжини. Так як міру слід вимірювати по лінії, перпендикулярній її робочих поверхонь, установка оптиметра на нуль зводиться до отримання мінімальних свідчень за його шкалою. Для цього вимірювальні наконечники пінолі і трубки приладу приводять до зіткнення з робочими поверхнями мір. Повертаючи стіл навколо вертикальної осі і похитуючи його навколо горизонтальної, домагаються найменшого показання за шкалою трубки. Залишивши стіл в цьому положенні, мікрометричним гвинтом пінолі підводять нуль шкали до штриху покажчика. Для контролю правильності установки переміщують відповідними маховичками стіл з кінцевою мірою щодо наконечників в поперечному і вертикальному напрямках, здійснюють остаточне коректування нуля за допомогою мікрометричного гвинта. Після цього затягують гвинт пінолі, відводять наконечник аретиром, знімають зі столу установчу кінцеву міру і ставлять ту, яка перевіряється. Роблячи зі столом ті ж маніпуляції, що і при установці на нуль, визначають відхилення розміру міри, яка перевіряється, заходи від установочної.

При вимірюванні зовнішніх діаметрів вісь деталі повинна бути перпендикулярна лінії вимірювання. Незалежно від того, яке розташування має вісь деталі (вертикальне чи горизонтальне), діаметральний розмір визначається як найбільше показання за шкалою.

Вимірюючи розміри, які обмежені сферичними поверхнями (наприклад, діаметр кульки), стіл оптиметра переміщують в двох взаємно перпендикулярних напрямках – вертикальному і поперечному. Про діаметр кульки свідчать по найбільшим відхиленням шкали щодо покажчика. При вимірюванні довжини валика, який має торці у вигляді сфер, похитують стіл навколо горизонтальної осі і повертають щодо вертикальної до отримання мінімального показання оптиметра.

Внутрішні розміри (калібрів-скоб, колець і т.п.) вимірюють,

застосовуючи пристосування ПП-3, яке представляє собою два дугоподібних кронштейна, які розміщені на кінці пінолі і трубки оптиметра. Перш ніж почати вимірювання, по блоку кінцевих мір з притертими боковиками або атестованому кільцю оптиметр встановлюють на нуль. Методика такої установки приладу по блоку кінцевих мір і наступне вимірювання розміру між плоскими поверхнями деталі (наприклад, калібру-скоби) такі ж, як при вимірюванні зовнішніх розмірів деталей з плоскими поверхнями. Установку оптиметра на нуль по атестованому кільцю і вимір внутрішніх діаметрів здійснюють так само, як при вимірюванні зовнішніх розмірів циліндрів.

Основним недоліком усіх приладів, вимір яких засновано на методі порівняння, є необхідність їх попередньої установки на нуль. Ця операція створює значні незручності при вимірюванні малих партій деталей, знижуючи продуктивність. Іншим недоліком оптичних приладів, принцип дії яких заснований на застосуванні оптичних важелів і автоколімаційних систем, є обмежений діапазон показань за шкалою.

### **3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ**

1. Які засоби вимірів відносять до оптико-механічних вимірювальних приладів?
2. Які вимірювальні прилади називають оптико-механічними?
3. Як поширюється світло в однорідному середовищі?
4. Яке відображення називають дзеркальним?
5. Яке відображення називають дифузійним?
6. Що представляє собою лінза?
7. Що називають головною оптичною віссю лінзи?
8. Як в оптичному приладі називають набір лінз, які звернені до предмету (об'єкту)?
9. Як в оптичному приладі називають набір лінз, які звернені до ока спостерігача?

10. Поясніть що таке оптичний важіль?
11. Які переваги оптичного важеля у порівнянні з механічним?
12. Які переваги приладів з автоколімаційними системами?
13. Де використовують оптичні важелі і автоколімаційні системи?
14. Що представляє собою оптиметр і для чого він призначений?
15. Як розподіляються оптиметри за конструкцією?
16. За рисунком 2.2 поясніть конструкцію оптиметра.
17. За рисунком поясніть конструкцію і принцип дії принцип вертикального оптиметр ОВО-1.
18. Як перевірити правильність положення столу вертикального оптиметр ОВО-1?
19. Яка перевага ультраоптиметра перед звичайним оптиметр?
20. Поясніть конструкцію вертикального оптиметр ОВО-02.
21. Поясніть призначення і конструкцію горизонтального оптиметр ОГО-1.
22. Який основний недолік приладів, вимір яких засновано на методі порівняння

#### **4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ ОБЛАДНАННЯ**

- 1 Зразки, які досліджуються, в якості об'єкта вимірювання.
- 2 Плоскопаралельні кінцеві міри довжини.
- 3 Лабораторний стенд для випробування зразків на опір зношуванню.
- 4 Оптиметр.
- 5 Лабораторна піч для підігріву зразків.
- 6 Мікроскоп.

#### **5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ**

Використовувані при виконанні роботи прилади підключаються до мережі змінного струму напругою 220 В. Тому існує небезпека

враження електричним струмом, а також травмування диском, що обертається верстата.

Щоб попередити виникнення подібних нещасних випадків, а також пошкодження апаратного забезпечення обладнання, необхідно виконувати певні вимоги безпеки.

1. Приступати до роботи після прослуховування інструктажу по техніці безпеки у керівника роботи і засвоєння матеріалу даних методичних вказівок.

2. Включати верстат і освітлювальний пристрій за дозволом викладача або лаборанта.

3. Виконувати тільки ту роботу, яка передбачена завданням.

4. Переконатися в надійності заземлення електродвигуна верстата, електроізоляції кабелю і проводів.

5. Виявляти особливу уважність і акуратність при роботі.

6. Не торкатися рухомих і струмоведучих частин обладнання.

7. Працювати на верстаті в спецодезії з застібнутими манжетами.

8. Повідомляти викладачеві або лаборанту про виниклі несправності обладнання, не намагатися усунути їх самостійно.

9. Виконувати роботу при наявності в лабораторії не менше двох осіб.

10. Після закінчення роботи вимкнути верстат і освітлювальний пристрій мікротвердоміра, привести в порядок робоче місце.

## **6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ**

1. Отримати зразки для випробувань на лабораторному стенді при сухому терті твердосплавного індентора по сталі.

2. Встановити зразок на столик оптиметра використовуючи кутовий упор з таким розрахунком щоб вимірювальний наконечник знаходився над центром зразка.

3. Привести столик в таке положення щоб наконечник спирався на поверхню зразка а показник (темний трикутник) піднявся до верху шкали. Запам'ятати положення показника відносно шкали.

4 Зняти зразок. Закріпити на столі стенда. Встановити твердосплавний індендор в об'єму стенду. Створити навантаження на індендор. Включити стенд і виконати 10...20 ходів зразка, це залежить від матеріалу з якого він зроблений.

5. Встановити зразок на оптиметр і визначити глибину канавки яку створив індендор на зразку.

6 Повторити роботу за пунктом 4, але при більшому навантаженні.

7 Провести виміри на оптиметрі.

8 Скласти звіт.

## 7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Найменування і мета роботи.
2. Коротко обґрунтувати необхідність проведення замірів величини зносу в залежності від виду та режимів зношування.
3. Привести та описати конструкцію оптиметра,
4. Привести опис методики замірів на оптиметрі.
5. Дати опис методики зношування поверхні зразка.
6. Привести результати досліджень. Побудувати епюру зносу.
7. Висновки

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Міхеєнко Л.А. Геометричні вимірювання. Навчальний посібник з дисципліни «Оптичні вимірювання», частина II: [по напрямку підготовки «Оптико-електроннеприладобудування»]. К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 64 с.

2. Підручник / Є.С. Поліщук, М.М. Дорожовець, В.О. Яцук, В.М. Ванько, Т.Г. Бойко. Друге видання, доповнене та перероблене. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. 544 с.