

Тема: Оптичні системи геодезичних приладів

1. Лупа
2. Мікроскопи
3. Зорові труби геодезичних приладів
4. Основні оптичні характеристики зорових труб

У геодезичних приладах широко застосовують різноманітні оптичні системи: плоскопаралельні платівки у вигляді дзеркал, захисного скла, скляних лімбів, шкал; призми внутрішнього відбиття для зміни напрямку ходу променів та обернення зображень; системи оптичних клинів в оптичних мікрометрах; центровані системи – такі, як лупи та мікроскопи, щоб розглядати дрібні предмети на близьких віддальх, наприклад, відлікові шкали; зорові труби, щоб розглядати віддалені предмети.

Лупа, мікроскоп та зорова труба належать до візуальних оптичних систем. До них ставлять спільні вимоги. Зокрема, промені, пройшовши ці системи, повинні потрапляти до ока паралельними пучками. У такому разі окові не потрібно акомодуватися і, отже, воно не буде втомлюватися. Уявне зображення предмета опиниться у нескінченності, але око фіксує його на віддалі 250...300 мм. Це пояснюється психологією сприйняття зображення, що утворюється на сітківці ока.

1. Лупа

Роздільна здатність ока людини у кутовій мірі дорівнює 40...60". Щоб розглядати дрібні та близько розташовані поділки шкал геодезичних приладів, застосовують лупи та мікроскопи. Лупа – короткофокусна збиральна лінза, що слугує для розглядання предметів, які розміщені близько від ока (рис. 1). Якщо предмет на віддалі $a < |f|$ (f – фокусна віддаль), лупа буде його пряме уявне зображення. Проте, щоб окові не доводилося акомодуватися, предмет розташовують поблизу передньої фокусної площини, а спостерігач встановлює око поблизу її заднього фокуса F' . Тоді промені, пройшовши лупу, потрапляють до ока паралельним пучком, а віддаль до зображення становить близько 250 мм (віддаль найкращої видимості для зору), хоча саме уявне зображення – у безмежності.

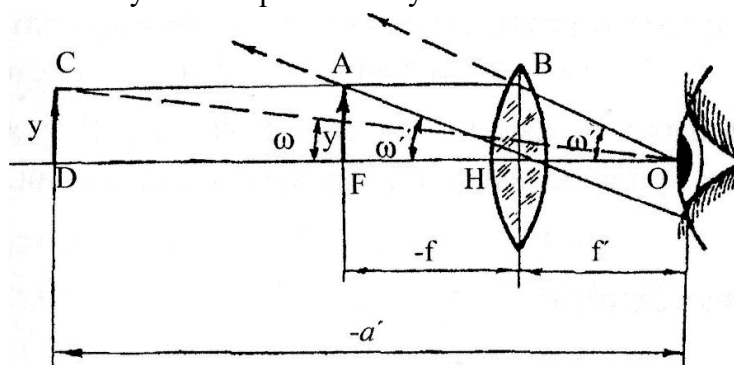


Рис. 1. Принципи дії лупи

Видимим або кутовим збільшенням лупи називають відношення тангенса кута ω' , під яким видно зображення предмета через лупу, до тангенса кута ω , під яким видно предмет неозброєним оком або на віддалі найкращої видимості для зору ($a = 250$ мм)

$$\Gamma^x = \frac{\operatorname{tg} \omega'}{\operatorname{tg} \omega}, \quad (1)$$

де $tg \omega' = -\frac{y}{f'}$, $tg \omega = -\frac{y}{a'}$. Підставивши значення $tg \omega'$ та $tg \omega$ у залежність (1), отримаємо

$$\Gamma^x = \frac{a'}{f'} = \frac{250}{f'} \quad (2)$$

Збільшення лупи Γ^x зростає із зменшенням f' , тому для лупи використовують звичайно короткофокусні лінзи. Проте зменшення фокусної віддалі і зростання збільшення не може бути необмеженим. Якщо, наприклад, $\Gamma^x = 20^x$, $f' = 12,5$ мм. Зазвичай $\Gamma^x = 5...15^x$. Застосовуючи для виготовлення лупи декілька лінз, разом із покращанням зображення досягають збільшення 20^x . Але подальше підвищення збільшення призведе до того, що за малої фокусної віддалі неможливо буде помістити предмет між фокусною площиною і лупою. Крім того, за великих збільшень поле зору стає дуже малим. У сучасних теодолітах інтервал між сусідніми штрихами круга становить 20...30 мкм, а самі штрихи завтовшки 1...3 мкм. Збільшення оптичної системи для розглядання штрихів повинно становити 50...75^x. У зв'язку з цим у геодезичних приладах часто застосовують мікроскопи.

2. Мікроскопи

Мікроскоп – це доволі складна оптична система і у геодезичних приладах він слугує переважно для розглядання шкал. Мікроскоп складається із двох збиральних систем – об'єктива і окуляра (рис. 2), кожний з яких є складною оптичною системою. Предмет AB розташовують між переднім фокусом об'єктива $F_{об}$ і подвійною фокусною віддаллю об'єктива $f'_{об} < a < 2f'_{об}$.

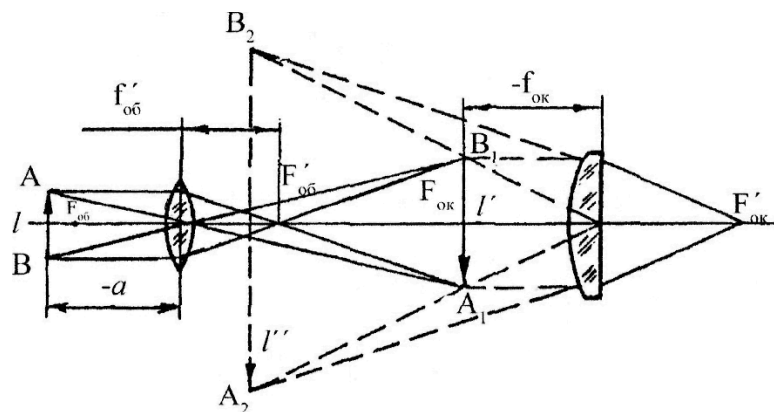


Рис. 2. Схема мікроскопа

На віддалі $2f'_{об}$, поблизу переднього фокуса окуляра $F_{ок}$, об'єктив буде дійсне, обернене і збільшене зображення предмета A_1B_1 . Коли мікроскоп використовують як відліковий пристрій, у площині побудови зображення A_1B_1 розташовують вимірювальну шкалу або індекс, які розглядають сумісно із зображенням поділок основної шкали, наприклад, круга. Окуляр мікроскопа виконує функції лупи і буде пряме, збільшене уявне зображення A_2B_2 . Зображення A_2B_2 знаходиться на віддалі найкращої видимості для зору (250 мм), хоча й розташоване у нескінченності. Лінійне збільшення мікроскопа Γ_m є відношенням розміру зображення l'' до розміру предмета l .

$$\Gamma_m = \frac{l''}{l} \quad (3)$$

Якщо залежність (3) поділити і помножити на l' розмір зображення, побудованого об'єктивом, одержимо

$$\Gamma_m = \frac{l'}{l} \cdot \frac{l''}{l'} \quad (4)$$

У залежності (4) відношення $\frac{l'}{l} = \Gamma_{об}$ – збільшення об'єктива, $\frac{l''}{l'} = \Gamma_{ок}$ – збільшення окуляра.

Отже,

$$\Gamma_m = \Gamma_{об} \times \Gamma_{ок} \quad (5)$$

Збільшення мікроскопа дорівнює добутку збільшення об'єктива на збільшення окуляра. Збільшення об'єктива $\Gamma_{об} = 2...4$, а окуляра $\Gamma_{ок} = 15$. Збільшення мікроскопів геодезичних приладів становить звичайно 30...70.

3. Зорові труби геодезичних приладів

У геодезичних приладах зорові труби слугують для візування, а також відлічування шкал, рейок, марок та інших візирних цілей. Сучасні зорові труби є складними оптично-механічними пристроями, що містять, щонайменше, об'єктив, окуляр та сітку ниток. Вони звичайно будують збільшене пряме або обернене зображення. У зорових трубах з прямим зображенням між окуляром та об'єктивом розташована лінзова або призмовею система, яка разом з окуляром формує пряме зображення.

У геодезичних приладах використовують переважно зорову трубу Кеплера, яка складається з позитивного об'єктива з великою фокусною віддаллю та позитивного короткофокусного окуляра (рис. 3).

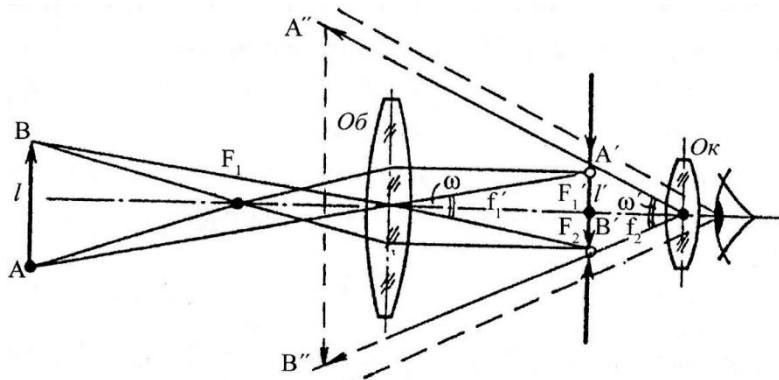


Рис. 2.3. Побудова зображення зоровою трубою

Об'єктив формує дійсне перевернуте зменшене зображення предмета l' . Віддаль від об'єктива до візирної цілі значно перевищує подвійну фокусну віддаль і тому зображення l' , яке формується поблизу заднього фокуса об'єктива, розглядають через окуляр, як через лупу.

Оптична система окуляра розташована безпосередньо перед оком і слугує для розглядання зображення, побудованого об'єктивом. Коли віддаль візування невелика, задній фокус об'єктива F_1' та передній фокус окуляра F_2 не збігаються. Якщо візирна цілі розташована на значній віддалі – візування на нескінченність – тоді її зображення формується у спільній фокусній площині, тобто у задній фокусній площині об'єктива і передній фокусній площині окуляра, які є суміщеними. Системи, в яких задній фокус об'єктива збігається з переднім фокусом окуляра, називають телескопічними.

Елементи конструкції зорової труби

Сітка ниток, діафрагми, осі зорової труби. Для спрямування зорової труби на точку візування в ній має бути візирна вісь, положення якої задається двома точками і повинно

лишатися на час візування незмінним. Візирна вісь – уявна пряма, яка проходить через задню головну точку об'єктива і центр перехрестя сітки ниток. Сітку ниток гравіюють на плоскопаралельній платівці у вигляді двох тонких штрихів (завтовшки 1...2 мкм), що перетинаються під прямим кутом. Раніше її виготовляли натягуванням навхрест двох ниток павутиння, звідки й пішло перехрестя сітки ниток.

Перехрестя сітки на фоні зображення об'єкта, на який наведена зорова труба, повинно бути виразним, без паралаксу. Для цього сітка ниток повинна розташовуватися у тій самій площині, в якій об'єктив (телеоб'єктив) формує дійсне зображення об'єкта. Тому сітку ниток встановлюють у зоровій трубі так, щоб вона розташовувалася у передній фокусній площині окуляра. Плоскопаралельну платівку із сіткою ниток закріплюють в оправі, що має вигляд кільця, і яка обмежує конус променів світла, що потрапляє на неї. Оправа, власне, визначає поле зору, тобто відіграє роль діафрагми поля зору. Саме кільце із сіткою ниток можна переміщувати у невеликих межах юстувальними гвинтами, змінюючи у разі необхідності положення візирної осі.

Діючою (апертурною) діафрагмою у більшості зорових труб слугує оправа переднього компонента об'єктива, яка одночасно є вхідною зіницею. Вихідною зіницею є дійсне зображення оправ, побудоване окуляром поблизу свого заднього фокуса.

Оптична система зорової труби має бути ретельно й точно відцентрована. Центри кривини всіх заломлювальних сферичних поверхонь оптичної системи зорової труби повинні міститися на одній прямій, яку називають оптичною віссю зорової труби. Другою основною віссю зорової труби є візирна вісь, за яку й згадувалося вище. Окрім двох названих, існує геометрична вісь, що збігається з віссю симетрії оправ зорової труби. Зорову трубу складають за допомогою спеціальних оптично-механічних пристроїв та юстують так, щоб всі три осі збігалися.

Фокусувальні компоненти зорової труби. Переваги труб із внутрішнім фокусуванням. Раніше (1.3.6) зазначалося, що із зменшенням віддалі до візирної цілі змінюється положення зображення її на оптичній осі, яке формує об'єктив. Щоб взагалі бачити зображення, а зокрема, й виразно, необхідно щоб воно було розміщене у передній фокусній площині окуляра. Для цього у зоровій трубі із зовнішнім фокусуванням вздовж оптичної осі труби переміщали окуляр. Нині зорові труби із зовнішнім фокусуванням не випускають. Їх повністю замінили зорові труби з внутрішнім фокусуванням.

Принципова конструкція таких труб базується на дії еквівалентної системи з тонких лінз (1.3.6). На *рис. 4* схематично подано конструкцію такої зорової труби з об'єктивом 1 та фокусувальним компонентом 2.

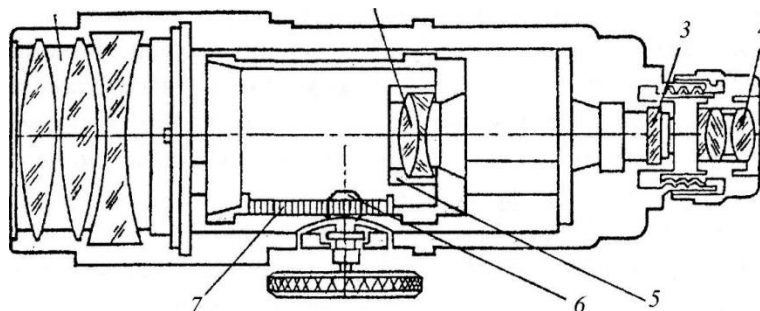


Рис. 4. Зорова труба із внутрішнім фокусуванням:

- 1 – об'єктив; 2 – фокусувальний компонент; 3 – сітка ниток;
4 – окуляр; 5 – оправа фокусувального компонента; 6 – зубчасте коліщатко; 7 –
зубчаста рейка

Фокусувальний компонент 2 змінює еквівалентну фокусну віддаль оптичної системи так, щоб дійсне зображення візирної цілі завжди формувалося у передній фокусній площині окуляра 4 та у площині перехрестя сітки ниток 3. Як зазначалося раніше, оптичну систему, що містить об'єктив та фокусувальний компонент, називають телеоб'єктивом. Еквівалентну фокусну віддаль телеоб'єктива визначають згідно із (1.58).

Лінза або лінзи фокусувального компонента, які закріплені в оправі 5, пересувають вздовж оптичної осі зорової труби за допомогою зубчастої пари: коліщатка 6 і рейки 7 (частіше у зорових трубах нівелірів) або за допомогою гвинтової пари (частіше у зорових трубах теодолітів). Необхідною умовою для переміщення фокусувального компонента є зазор між спряженими деталями напрямних. Ретельно шліфовані напрямні закріплюють у корпусі зорової труби, виготовленому здебільшого із алюмінієвих сплавів, внутрішню поверхню якого для уникнення полісків зачорнюють.

Під час руху фокусувального компонента оптична вісь його деталей у межах зазору може змінювати своє положення відносно оптичної осі зорової труби. Внаслідок цього, попри ретельність складання труби та юстування оптичної осі фокусувального компонента з оптичною віссю труби, під час руху фокусувального компонента лінія візування не збігається з оптичною віссю. На *рис. 5* показано зміщення зображення візирної цілі під ЦС переміщення фокусувальної лінзи із положення L_2 (візування на нескінченність) в положення L_2' (візування на ціль, що розташована на невеликій віддалі).

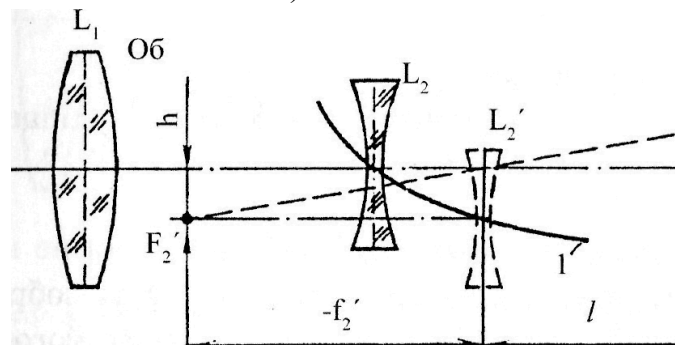


Рис. 5. Вплив переміщення фокусувального компонента на положення візирної осі: 1 – траєкторія руху центра фокусувальної лінзи

Під час зміщення центра фокусувальної лінзи на величину h зображення зміститься на величину x

$$x = \frac{h}{f_2'} \cdot l, \quad (6)$$

де f_2' – фокусна віддаль фокусувальної лінзи; l – віддаль від фокусувальної лінзи до окуляра.

Це негативне явище необхідно враховувати під час візування на невеликих віддальх, коли фокусувальний компонент переміщують на значну величину. Під час виконання високоточних геодезичних робіт перефокусовувати зорову трубу небажано.

Зорові труби деяких сучасних геодезичних приладів мають пристрої для грубого і точного фокусування. Зорові труби з внутрішнім фокусуванням мають істотні переваги порівняно з трубами із зовнішнім фокусуванням, а саме:

- 1) герметичність (труба захищена від потрапляння пилу і бруду);

- 2) маючи однакове збільшення, вона значно коротша завдяки телеоб'єктиву з великим $f'_{екв}$;
- 3) має кращу стабільність положення візирної осі (меншу похибку за перефокусування). Зміни положення фокусувального компонента значно менше позначаються на положенні візирної осі, ніж коливання окулярного коліна у трубах із зовнішнім фокусуванням;
- 4) має постійну довжину;
- 5) фокусувальний механізм і напрямні захищені від пошкоджень.

Об'єктиви зорових труб. Об'єктив є чи не найважливішим оптичним вузлом зорової труби. Він будує зображення візирної цілі у задній фокусній площині і визначає його якість. Основними характеристиками об'єктива є фокусна віддаль f' ; відносний отвір D/f' (D – діаметр вхідної зіниці); кут поля зору і роздільна здатність. Фокусна віддаль об'єктива $f' = 100...500$ мм. Відносний отвір має межі $0,2...0,1$, тобто через об'єктиви проходять широкі пучки променів, паралельних до оптичної осі, або під малим кутом до неї. Тому у зорових трубах необхідно виправляти передовсім сферичну аберацию, кому, поздовжню хроматичну аберацию. Поле зору об'єктивів становить $1...2^\circ$.

В об'єктивах використовують системи лінз, зазвичай, не менше від двох. Коли діаметр об'єктива менший за 50 мм, застосовуються дволінзові склеєні об'єктиви, як, наприклад, в теодолітах типу ТЗО (рис. 6, а).

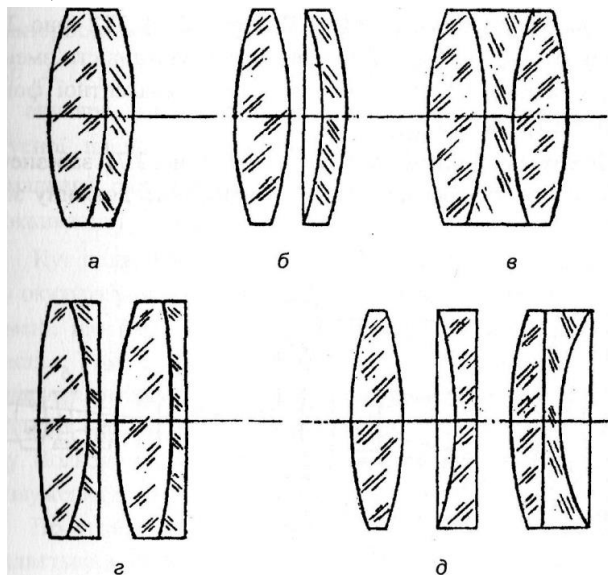


Рис. 6. Об'єктиви зорових труб: а – дволінзовий теодоліт типу ТЗО; б – дволінзовий з повітряним зазором; в - трилінзовий; г – теодоліт типу ЗТ2; д – теодоліт типу 2Т2

Такий об'єктив складається із збирної передньої лінзи з крона і задньої розсіювальної з флінта. Можуть бути два типи об'єктивів – передній крон і передній флінт. Підбираючи марки скла, в такому об'єктиві можна виправляти сферичну аберацию, кому і поздовжню хроматичну аберацию.

Дволінзовий об'єктив з несклеєних лінз (рис. 6, б) завдяки повітряному зазору між лінзами дає можливість усунути кому, спростити підбір марок скла, забезпечує якість зображення.

Трилінзовий об'єктив (рис. 6, в) складається з двох збиральних і однієї розсіювальної лінзи. Відповідний підбір марок скла дає змогу усунути вторинний спектр, не зменшуючи розміри відносного отвору, що істотно для труб із великим збільшенням. У зорових трубах сучасних приладів застосовують чотирилінзові об'єктиви, як у теодолітах ЗТ2 КП (рис. 6, г),

2Т2 (рис. 6, д), або й п'ятилінзові. Телеоб'єктиви дають можливість зменшити довжину зорової труби до 0,8...0,6 від еквівалентної фокусної віддалі телеоб'єктива $f'_{екв}$.

Дзеркально-лінзові телеоб'єктиви (рис. 7) забезпечують високу якість зображення і значно зменшують довжину зорової труби.

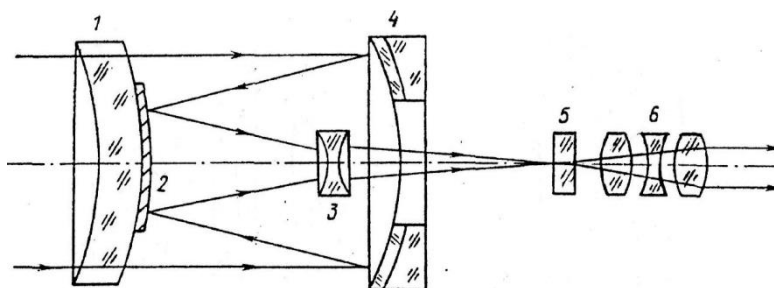


Рис. 7. Зорова труба із дзеркально-лінзовим об'єктивом:

1 – ахроматичний меніск; 2 – відбивний шар; 3 – фокусувальна лінза;

4 – увігнуте дзеркало; 5 – сітка ниток; 6 – окуляр

На рис. 7 подано схему простої зорової труби із дзеркально-лінзовим об'єктивом, устаткованим сферичною оптикою. Сам, власне, об'єktiv складається із ахроматичного меніска 1, близькоосьова частина якого вкрита відбивним шаром 2 та увігнутого дзеркала 4 з отвором у центрі. Решта оптичних вузлів утворюють оптичну систему звичайної зорової труби: фокусувальна лінза 3, сітка ниток 5 та окуляр 6.

Складніші дзеркально-лінзові труби, як, наприклад, в теодоліті ДКМ-3 (Kern, Швейцарія), зазвичай, ламані і мають ще меншу довжину. Значним недоліком таких труб є те, що в них не задіяна параксіальна область.

Окуляри зорових труб. Зображення візирних цілей, які утворює об'єktiv, розглядають через окуляр. Основними характеристиками окуляра є фокусна віддаль $f'_{ок}$; відносний отвір D'/f' (D' – діаметр вихідної зіниці); поле зору окуляра. Для окуляра, крім того, важливим є розташування передньої фокусної площини та вихідної зіниці. Для $f'_{ок}$ встановлено нормальний ряд значень від 10 до 40 мм (через 5 мм) і 50 мм. Найвживаніші окуляри, в яких $f'_{ок} = 20...30$ мм.

Кут поля зору окуляра у межах 40...60°. Оскільки кут поля зору окуляра у десятки разів більший від кута поля зору об'єктива, промені, що йдуть до окуляра, виходять за межі параксіальної області. Тому виправленню недоліків зображень окулярів приділяють велику увагу. Окуляри, зазвичай, є складною оптичною системою, яка містить дві частини: польову лінзу (колектив) і очну лінзу. Польова лінза, яку розташовують поблизу сітки ниток, слугує для звуження пучків променів, що йдуть від об'єктива.

Простішими окулярами є окуляр Рамсдена (рис. 8, а), що складається з двох лінз – польової П та очної О, і яким раніше устатковувалися геодезичні прилади, або окуляр Кельнера (рис. 8, б).

В цих окулярів вдається виправити хроматичну аберацию збільшення, кому або астигматизм. Проте якість зображення таких окулярів невисока. Щоб виправити недоліки зображення окулярів, основну увагу приділяють польовим аберациям, а саме: комі, астигматизму, дисторсії, хроматичній аберации збільшення.

Крім того, звичайно намагаються виправити сферичну аберацію у вихідній зіниці, тобто досягти того, щоб головні промені перетиналися у центрі цієї зіниці. Міра виправлення аберацій багато в чому залежить від складності окуляра.

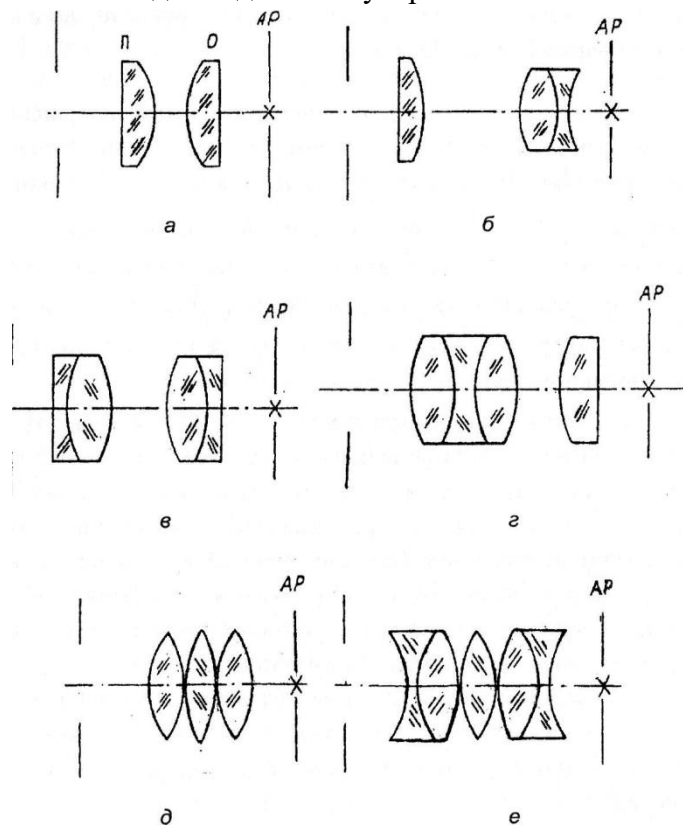


Рис. 8. Окуляри зорових труб:

а – Рамсдена; *б* – Кельнера; *в* – симетричний; *г* – ортоскопічний;
д – теодолітів типу 3Т2; *е* – теодолітів типу 2Т2

Симетричний окуляр (рис. 8, в) складається з двох склеєних взаємообернених компонентів, між якими є невеликий повітряний проміжок. Простота конструкції, добра якість зображення, велике віддалення вихідної зіниці $t' = (0,9...1,0) f'_{ок}$ забезпечила таким окулярам широке застосування у зорових трубах геодезичних приладів.

Ортоскопічний окуляр (рис. 2.8, г), позбавлений дисторсії, складається із простої очної лінзи і польової, яка склеєна з трьох лінз. У ньому, крім дисторсії, добре виправлена сферична і хроматична аберації. Велике віддалення вихідної зіниці $t' = 0,75 f'_{ок}$ дає змогу застосовувати його у зорових трубах, що мають велике збільшення.

На рис. 8, д подано трилінзовий окуляр зорової труби теодоліта 3Т2 КП, а на рис. 8, е п'ятилінзовий окуляр зорової труби теодоліта 2Т2.

Щоб одержати чітке зображення сітки ниток для спостерігачів із різною гостротою зору, окуляр можна переміщувати на невелику віддаль вздовж оптичної осі зорової труби. Для цього лінзи окуляра закріплюють у металевій оправі із багатозахідною різью. Повертаючи окуляр, можна поступально переміщувати його вздовж оптичної осі зорової труби у межах 1 мм.

Основні оптичні характеристики зорових труб

Основними оптичними характеристиками зорової труби є збільшення труби Γ^x , кут поля зору та її роздільна здатність.

Збільшення зорової труби, визначення збільшення. Збільшення зорової труби показує, у скільки разів збільшуються видимі розміри предмета, якщо його розглядають через зорову

трубу, порівняно із розмірами того самого предмета, видимого неозброєним оком. Воно дорівнює відношенню кута ω' , під яким видно зображення предмета у зоровій трубці до кута ω , під яким видно цей предмет із середини вхідної зіниці труби, тобто

$$\Gamma^x = \frac{\operatorname{tg} \omega'}{\operatorname{tg} \omega} \approx \frac{\omega'}{\omega}. \quad (7)$$

Коли предмет, який спостерігають, розташований на значній віддалі, практично у нескінченності, тоді його зображення опиниться у загальній фокусній площині об'єктива і окуляра. і згідно з рис. 2.9 $\operatorname{tg} \omega = \frac{y'}{f'_{об}}$, а $\operatorname{tg} \omega' = \frac{y'}{f_{ок}}$.

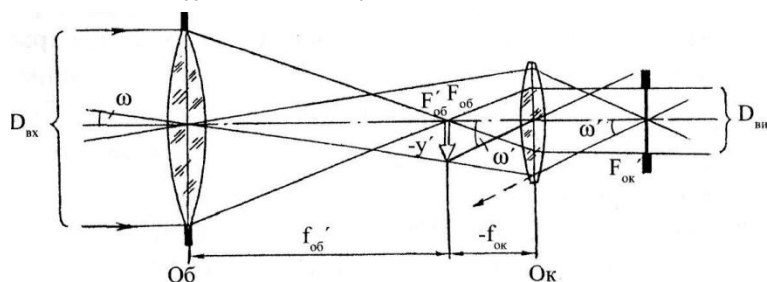


Рис. 9. Збільшення зорової труби

Отже,

$$\Gamma^x = \frac{\operatorname{tg} \omega'}{\operatorname{tg} \omega} = \frac{f'_{об}}{f_{ок}}, \quad (8)$$

тобто збільшення зорової труби дорівнює відношенню фокусних віддалей об'єктива і окуляра. У зорових трубах із внутрішнім фокусуванням за фокусну віддаль об'єктива приймають фокусну віддаль телеоб'єктива. Якщо врахувати, що діаметр вхідної зіниці відноситься до діаметра вихідної зіниці як відповідні фокусні віддалі об'єктива і окуляра, можна записати

$$\Gamma^x = \frac{f'_{об}}{f_{ок}} = \frac{D_{вх}}{D_{вих}}. \quad (9)$$

Щоб визначити збільшення зорової труби за діаметрами вхідної та вихідної зіниць, їх вимірюють під час встановлення труби на нескінченність. Вхідною зіницею є світловий отвір об'єктива, діаметр якого з достатньою точністю можна виміряти масштабною лінійкою з міліметровими поділками або циркулем і масштабною лінійкою. Щоб виміряти діаметр вихідної зіниці, треба навести зорову трубу на світлий фон, наприклад, просто неба, забезпечивши добру освітленість об'єктива. Тоді на деякій віддалі від окуляра виникне зображення вихідної зіниці у вигляді світлого, чітко окресленого кружка. Якщо це зображення одержати на прозорому папері, наприклад, кальці, розташованій перпендикулярно до оптичної осі труби, діаметр вихідної зіниці можна виміряти за допомогою масштабної лінійки. Для підвищення точності вимірювання діаметрів зіниці потрібно виконати декілька разів, використовуючи для розрахунків їхні середні значення.

Точність визначення збільшення можна підвищити, якщо перед об'єктивом розташувати діафрагму, діаметр отвору якої дещо менший від діаметра вхідної зіниці, але може бути вимірний досконалішими засобами вимірювань з більшою точністю, наприклад, штангенциркулем. Діаметр вихідної зіниці також буде дещо меншим порівняно із попереднім способом, але виміряти його можна також точніше, наприклад, динамометром. Вимірювання

виконують не менше ніж три рази. Як і в першому, так і в другому випадку збільшення визначають за вимірними діаметрами згідно із залежністю (9).

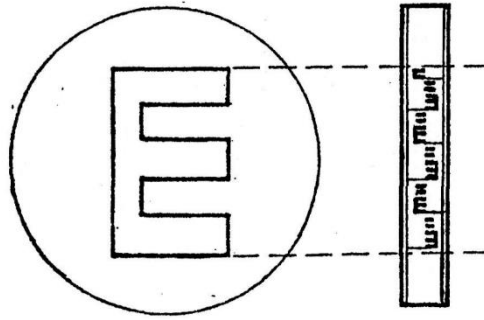


Рис. 10. Визначення видимого збільшення зорової труби за допомогою рейки

Видиме збільшення зорової труби визначають способом Галілея. Для цього порівнюють видимі розміри предмета, наприклад, кількість поділок рейки, одночасно розглядаючи їх неозброєним оком і через зорову трубу (рис. 10). На предмет (рейку) дивляться одночасно двома очима, причому одним оком через зорову трубу і неозброєним оком. Крайні лінії поділок, які видно у трубі, подумки продовжують до перетину із рейкою, видимою неозброєним оком. Збільшення зорової труби визначають, поділивши кількість поділок на рейці, що розміщені між уявно продовженими лініями від труби, на кількість поділок, видимих у трубі. Віддаль до рейки має бути такою, щоб бачити сантиметрові поділки рейки.

Поле зору зорової труби. Полем зору зорової труби називають обмежений конусною поверхнею простір, який оглядають через зорову трубу, встановлену на нескінченність. Якщо уявити конусний пучок променів, що має вершину в центрі вхідної зіниці і який спирається своєю боковою поверхнею на краї діафрагми поля зору (рис. 11), продовження цих променів у простір предметів – це діюче ("предметне", "об'єктивне") поле зору, що характеризується кутом 2ω .

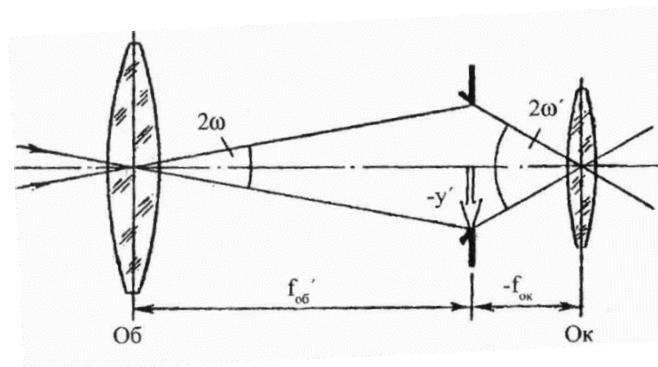


Рис. 2.11. Поле зору зорової труби

Спостерігач, який розглядає діафрагму поля зору через окуляр, коли зіниця ока розташована у вихідній зіниці труби, бачить її під кутом $2\omega'$, який обмежує видиме поле зору. У телескопічних зорових трубах аналогічно визначенню збільшення зорової труби, не враховуючи знаків, маємо

$$\frac{\operatorname{tg} \omega'}{\operatorname{tg} \omega} = \frac{y}{f_{\text{ок}}} \bigg/ \frac{y'}{f'_{\text{об}}} = \frac{f'_{\text{об}}}{f_{\text{ок}}} = \Gamma^x. \quad (10)$$

Відношення видимого поля зору до дійсного поля зору дорівнює збільшенню зорової труби. Величина видимого поля зору залежить від оптичних властивостей окуляра. В окулярах зорових труб геодезичних приладів вона становить, як звичайно, 25...30°, а дійсного поля зору 1.. .2°.

Для того, щоб визначити величину дійсного поля зору, наводять зорову трубу на віддалену ціль і суміщають з нею один, а потім другий край поля зору діафрагми. Суміщаючи, відлічують горизонтальний або вертикальний круг, залежно від того повертають алідаду чи зорову трубу, відповідно. Різниця відліків дає кут поля зору.

Роздільна здатність зорової труби. Роздільна здатність оптичної системи – це можливість її давати окреме зображення кожної з двох сусідніх точок предмета. Вона характеризується найменшим кутом r , під яким дві сусідні точки ще видно окремо кожен. Роздільну здатність неозброєного ока приймають 60". Роздільну здатність зорової труби можна записати так

$$r = \frac{60''}{\Gamma^x}. \quad (11)$$

де Γ^x – збільшення труби.

У теорії дифракції доведено, що роздільна здатність зорової труби залежить від діаметра вхідної зіниці

$$r_d = \frac{120''}{D_{\text{вх}}}. \quad (12)$$

Роздільна здатність зорової труби використовується повністю за умови $r = r_d$, тобто

$$\frac{60''}{\Gamma^x} = \frac{120''}{D_{\text{вх}}}. \quad (13)$$

отже

$$\Gamma_H^x = 0,5 D_{\text{вх}}. \quad (14)$$

Це необхідне або нормативне збільшення, за якого можна повністю використати роздільну силу зорової труби. Воно дорівнює половині діаметра вхідної зіниці, вираженої в мм. Щоб око не втомлювалося, збільшення зорових труб приймають у 1,5...2 рази більшим від Γ_H . Таке збільшення $\Gamma = 2\Gamma_H$, тобто $\Gamma = D_{\text{вх}}$ називають корисним.

Щоб визначити роздільну здатність зорової труби, застосовують спеціальну таблицю, яку встановлюють на певній віддалі від труби. Таблицю утворюють квадрати різних розмірів, на яких нанесені однакові за шириною прямі чорні та білі смужки. Роздільну здатність зорової труби визначають за залежністю:

$$r = \frac{a}{L} \rho'', \quad (15)$$

де a – віддаль між смужками, яку ще можна розрізнити; L – віддаль до таблиці. Значення a вказано в таблиці.