

**Оптико-механічний коледж
Київського національного університету імені Тараса Шевченка**

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Директор ОМК**

_____ Т. Г. Колесник

«__» _____ 2020 р.

МАТЕРІАЛИ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

ДО ТЕМИ: «ФОТОАПАРАТУРА»

З ДИСЦИПЛІНИ: «ОПТИЧНІ І ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ПРИЛАДИ»

для спеціальностей: 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»,
153 «Мікро- та наносистемна техніка», 171 «Електроніка»

Підготував: Сокурєнко О.М.

Затверджено на засіданні ЦК
оптичних дисциплін

Протокол №

Від «__» _____ 2020 р.

Голова циклової комісії:

_____ О. М. Сокурєнко

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1 Основні типи, параметри та характеристики фотооб'єктивів	4
1.1 Основні типи фотооб'єктивів	4
1.2 Основні параметри та характеристики фотооб'єктивів	4
2 Основні вузли фотоапаратів	7
3 Приладдя фотоапаратів	9
4 Типи фотоапаратів	9
4.1 Далекомірні фотоапарати	9
4.2 Дзеркальні фотоапарати	11
4.3 Спеціалізовані фотоапарати і спеціальні види зйомки	12
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	16

ВСТУП

Фотоприлади широко застосовуються в різних областях діяльності людини: мистецтві, науці і техніці. Так, за допомогою фотоапаратів здійснюється зйомка предметів зовнішнього світу, тобто фотоапаратура служить засобом образотворчого мистецтва.

Фотоапаратура використовується також для реєстрації різних процесів і явищ з метою їх вивчення. До дослідних знімальних пристроїв відносяться аерофотоапарати, які служать для фотозйомки земної поверхні з метою її картографування або вивчення природних ресурсів. Фотозйомка застосовується також і при вивченні інших планет. За допомогою фототелевізійної системи були вперше отримані фотознімки зворотної сторони Місяця. Останнім часом для фотозйомки земної поверхні застосовуються багатокамерні знімальні пристрої, що забезпечують одночасну фотореєстрацію в різних областях спектра.

Фототехніка знайшла також широке застосування при розмноженні різних документів, тобто засобом копіювання, включаючи мікрофільмування.

Фототехніка використовується в деяких виробничих процесах для виготовлення шкал, сіток, мікроелектронних схем.

В даний час всі промислові підприємства і наукові установи, навчальні заклади, оснащені різноманітними фотоприладами.

1 Основні типи, параметри та характеристики фотооб'єктивів

1.2 Основні типи фотооб'єктивів

Об'єктив – оптична система, призначена для отримання оптичного зображення різних об'єктів.

Знімальним називається об'єктив, який утворює зображення на світлочутливому шарі фотоматеріалу.

Проекційним називається об'єктив, якщо він дає зображення на екрані або іншій світлорозсіючій поверхні (що пропускає або відбиває світлові промені). До проекційних об'єктивів можна віднести об'єктиви, що застосовуються в копіювальних установках, фотоапаратурі та інших приладах, призначених для отримання копій (репродукцій) з різних оригіналів. Такі об'єктиви називають також *репродукційними*.

Сучасні фото- і кінооб'єктиви є багатокомпонентними оптичними системами. За ступенем корекції аберацій більшість з них відносяться до анастигматів. Оптичні компоненти об'єктивів поміщені в механічні оправы, зібрані в єдиний оптичний блок.

1.2 Основні параметри та характеристики фотооб'єктивів

Основні параметри та характеристики фотооб'єктивів:

- *Фокусна відстань;*
- *Кутове поле в просторі зображень;*
- *Світлосила;*
- *Роздільна здатність;*
- *Модуляційна передавальна функція.*

Фокусна відстань f' . При певній відстані l_c між площиною фотошару і об'єктом зйомки або відстанню l_n між оригіналом і екраном при проекції розмір зображення, що отримується l_z на фотоматеріалі або екрані залежить як від розміру самого об'єкта l_o , так і фокусної відстані f' знімального або проекційного об'єктива.

Взаємозв'язок між цими величинами можна представити наступними наближеними виразами:

$$\frac{l_z}{l_o} \simeq \frac{f'}{l_c - 2f'} \quad \text{і} \quad \frac{l_z}{l_o} \simeq \frac{l_n - 2f'}{f'}$$

В залежності від співвідношення між фокусною відстанню f' і діагоналлю кадру l_k (кадрового вікна) знімальні об'єктиви поділяються на **три групи**:

1. *Нормальні*, ($f' \approx l_k$);
2. *Короткофокусні* ($f' < l_k$);
3. *Довгофокусні* ($f' > l_k$).

Останнім часом широке застосування знаходять об'єктиви **зі змінною фокусною відстанню (панкратичні об'єктиви)**. Зміна фокусної відстані у таких об'єктивів може здійснюватися двома способами:

а) приєднанням до об'єктиву афокальних насадок з різними кутовими збільшеннями γ_n , причому фокусна відстань системи "насадка+об'єктив" дорівнює добутку $\gamma_n f'$. Застосування насадок забезпечує дискретну зміну фокусної відстані об'єктива;

б) переміщенням уздовж оптичної осі деяких компонентів об'єктива, що здійснюються за певним законом. Фокусна відстань змінюється плавно в певних межах.

Кутове поле в просторі зображень $2\omega'$ – визначається кутом, в межах якого утворене об'єктивом оптичне зображення задоволяє за своєю якістю поставленим вимогам. Розміри лінійного поля, що відповідають кутовому полю, визначають розміри кадрового вікна знімального або проекційного приладу. Кут $2\omega'$ утворюється головними променями похилих світлових пучків, що проходять через центр вихідної зіниці об'єктива і протилежні кути кадрової рамки (рис. 1).

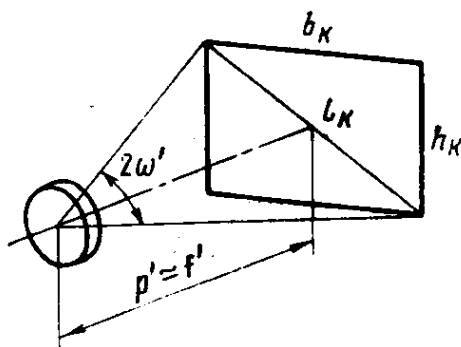


Рисунок 1 – Кутове поле зображення $2\omega'$

Величину кута $2\omega'$ об'єктивів можна визначити за наближеною формулою:

$$2\omega' \simeq 2 \arctg \frac{l_k}{2p'} = 2 \arctg \frac{\sqrt{b_k^2 + h_k^2}}{2p'} \simeq 2 \arctg \frac{\sqrt{b_k^2 + h_k^2}}{2f'},$$

де l_k – діагональ кадрового вікна (кадру); b_k і h_k – ширина і висота кадрового вікна; p' – відстань від вихідного зіниці об'єктива до площини фотошару, яке можна прийняти рівним фокусній відстані f' .

Кутовому полю в просторі зображень $2\omega'$ відповідає кутове поле в просторі предметів 2ω .

Світлосила об'єктива визначається відношенням освітленості зображення E_z до яскравості зображуваного об'єкта L_o . Відомо, що освітленість E_z в центрі поля зображення визначається за формулою

$$E_3 = \pi \tau L_0 \sin^2 \sigma'_{A'} \simeq \frac{1}{4} \pi \tau L_0 \left(\frac{1}{K} \right)^2,$$

де τ – коефіцієнт пропускання об'єктива; $\sigma'_{A'}$ – апертурний кут в просторі зображень; K – діафрагмове число або знаменник відносного отвору об'єктива $D/f' = 1:K$.

Світлосила об'єктива пропорційна квадрату його відносного отвору. Розрізняють геометричний (K_G) і ефективний (K_{ef}) відносні отвори, які визначають геометричну і ефективну світлосилу, причому $K_{ef} = K_G / \sqrt{\tau}$. Шкали діафрагм знімальних об'єктивів можна градувати як в значеннях K_G так і K_{ef} .

Роздільна здатність об'єктива N характеризує здатність об'єктива давати роздільні зображення близько розташованих предметів.

Чисельно величина N дорівнює числу штрихів (ліній), що припадають на 1 мм оптичного зображення спеціальної випробувальної таблиці (міри) і виходять в цьому зображенні роздільними.

Взаємозв'язок між N_c , N_ϕ і R іноді представляється у вигляді такої емпіричної залежності

$$\frac{1}{N_\phi} = \frac{1}{N_c} + \frac{1}{R}.$$

де N_ϕ – **фотографічна роздільна здатність** (яка виходить в фотозображенні міри на фотоматеріалі), N_c – **власна (візуальна) роздільна здатність об'єктива** (виявляється шляхом розглядання оптичного зображення міри за допомогою мікроскопа), R – **роздільна здатність фотошару**.

Оцінка якості об'єктивами здійснюється за допомогою **модуляційна передавальна функція** (МПФ) або застаріла назва **частотно-контрастної характеристики** (ЧКХ). Ця характеристика показує залежність контрасту в зображенні міри від частоти її штрихів ν , фактично

$$T(\nu) = K_E(\nu) / K_L(\nu),$$

де K_E – контраст по освітленості в оптичному зображенні міри:

$$K_E = (E_{max} - E_{min}) / (E_{max} + E_{min});$$

K_L – контраст по яскравості між штрихами і проміжками міри:

$$K_L = (L_{max} - L_{min}) / (L_{max} + L_{min})$$

Зазвичай ЧКХ представляють у вигляді графіка, приблизний вигляд якого наведено на рис. 2 для двох об'єктивів.

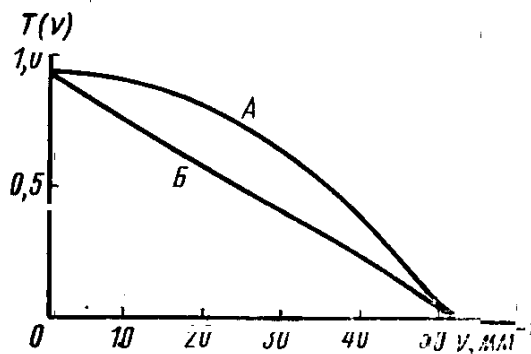


Рисунок 2 – Графіки ЧКХ двох об'єктивів

Як видно з графіків, обидва об'єктиви мають однакову роздільну силу N , що дорівнює частоті штрихів при $T=0$. Однак об'єктив A утворює більш контрастне зображення, ніж об'єктив B , тобто об'єктив A має вищу якість, ніж об'єктив B .

2 Основні вузли фотоапаратів

Фотоапаратом називається оптико-механічний або оптико-електронний пристрій, призначений для отримання фотозображень на фотоплівці, фотопластинці, або фотоелектричному приймачеві.

За розмірами фотозображень (формату кадрів) фотоапарати можна розділити на кілька підгруп (див. табл. 1).

Таблиця 1

Назва підгрупи фотоапаратів	Мініатюрні	Напів-форматні	Мало-форматні	Середньо-форматні	Крупно-форматні
Формат кадрів в мм х мм	10×14 12×17	18×24	24×36 28×28	45×60 60×60 60×90	90×120 130×180 180×240

Фотоапарати містять такі **складові вузли**:

- фотокамера;
- знімальний об'єктив;
- фотозатвор;
- механізм для переміщення фотоплівки;
- видошукач (візирний пристрій);
- автоспуск;
- синхроконттакт.

Фотокамера – світлонепроникний корпус фотоапарата, всередині якого змонтовано його механізми, а зовні – розташовані органи управління. У малоформатних фотоапаратах зазвичай задня кришка камери є відкидною, а в нижній частині корпусу є різьбове гніздо для установки фотоапарата на штатив.

Знімальний об'єктив є найбільш важливою частиною фотоапарата, призначеною для утворення оптичного зображення об'єкту, що знімається на світлочутливому шарі фотоматеріалу. Від якості об'єктива головним чином залежить якість фотозображення, одержуваного на фотоматеріалі. Більшість фотоапаратів розраховані на застосування як основного (штатного) об'єктива, так і декількох змінних об'єктивів, що мають різні фокусні відстані і інші характеристики.

Фотозатвор призначений для експонування фотошару протягом певного (заздалегідь встановленого або автоматично заданого) часу, званого *витримкою*. У фотоапаратах переважно застосовуються фокальні (для штор) і апертурні (пелюсткові центральні) затвори.

Механізм для переміщення фотоплівки, що приводиться в дію поворотом рифленої головки або особливим важелем (називається *курком*), служить для переміщення фотоплівки на один кадр після кожної зйомки. Зазвичай цей механізм кінематично з'єднаний з вузлом взведення затвору і лічильником кадрів. У деяких фотоапаратах фотоплівка переміщається на крок кадру за допомогою пружинного приводу або вбудованого електродвигуна.

Видошукач (візирний пристрій) забезпечує можливість спостереження об'єкта, який фотографується з метою вибору точки зйомки, коли виходить бажане розташування зображень об'єктів в межах поля кадру (композиційна побудова кадру). Зазвичай видошукач суміщений з пристроєм для фокусування об'єктива.

Якщо лінія візування видошукача зміщена щодо оптичної осі знімального об'єктива, то такі видошукачі називаються **паралаксними**. Такі видошукачі не забезпечують можливості спостереження за всім простором предметів, яке зображується об'єктивом в межах кадрового вікна фотоапарата. Цей недолік найбільш сильно проявляється при зйомці близько розташованих об'єктів. До паралаксних видошукачів відносяться всі приставні візирні пристрої, а також видошукачі далекомірних фотоапаратів. Зазначеного недоліку позбавлені так звані дзеркальні видошукачі однооб'єктивних фото- і кіноапаратів. У таких видошукачах лінія візування поєднується з оптичною віссю знімального об'єктива за допомогою відкидного дзеркала або дзеркального обтюратора.

Автоспуск призначений для автоматичного спуску затвора через певний час після його включення. Автоспуск може бути як основним вузлом фотоапарата, так і окремим пристосуванням, що приєднуються до фотоапарата у випадках необхідності. Час дії автоспусків дорівнює 10...15 с, що дозволяє фотографу знімати самого себе.

Синхроконттакт призначений для включення імпульсного фотоосвітлювача (лампи-спалаху) узгоджено з певною фазою спрацьовування фотозатвора. Інтервал часу між моментом замикання синхроконттакта і фазою спрацьовування затвора називається *часом випередження*, тривалість якого залежить від інерційності лампи-спалаху.

3 Приладдя фотоапаратів

Насадки лінзові приєднуються до знімальних об'єктивів з метою зменшення їх фокусної відстані при здійсненні макрофотозйомки. Поширені лінзові насадки для фотоапаратів з оптичними силами: 1; 1,5; 2; 2,5; 3 і 5 діоптрій (фокусною відстанню 1000; 667; 500; 400; 333 і 200 мм відповідно). Лінзові насадки мають або різьбову оправу, або гладку оправу.

Подовжувальні кільця – проміжні кільця, що розташовуються між знімальним об'єктивом і корпусом знімального апарату для збільшення відстані між об'єктивом і фотоматеріалом при макрофотозйомці.

Світлофільтри застосовуються:

- при зйомці на чорно-білі фотоматеріали з різними цілями;
- усунення впливу атмосферної димки;
- забезпечення бажаної передачі співвідношень візуальних яскравостей забарвлених об'єктів;
- отримання спеціальних ефектів.

4 Типи фотоапаратів

Сучасні фотоапарати прийнято поділяти на такі типи:

1) **шкільні**, до яких відносяться апарати, які не мають пристрою для точного фокусування об'єктива. У таких апаратах фокусування об'єктива здійснюється за шкалою відстаней, доповненої символами.

2) **далекомірні**, які оснащені монокулярним далекоміром для фокусування об'єктива, зазвичай поєднаним з видошукачем;

3) **дзеркальні**, до яких відносяться всі види апаратів, що мають дзеркальні видошукачі;

4) **спеціалізовані** для панорамної, стереоскопічної і інших видів зйомки.

4.1 Далекомірні фотоапарати

Фокусування об'єктивів таких апаратів здійснюється за допомогою монокулярного далекомірного пристрою. Характерною особливістю далекомірних апаратів є те, що вони оснащені *паралаксними видошукачами*.

Видошукачі далекомірних апаратів зазвичай утворюють перевернуту телескопічну систему Галілея, що містить негативний об'єktiv 1 і позитивний окуляр 2 (рис. 3, а). Через такий видошукач оператор спостерігає уявне пряме зображення об'єктів з кутовим збільшенням $\Gamma_T < 1$.

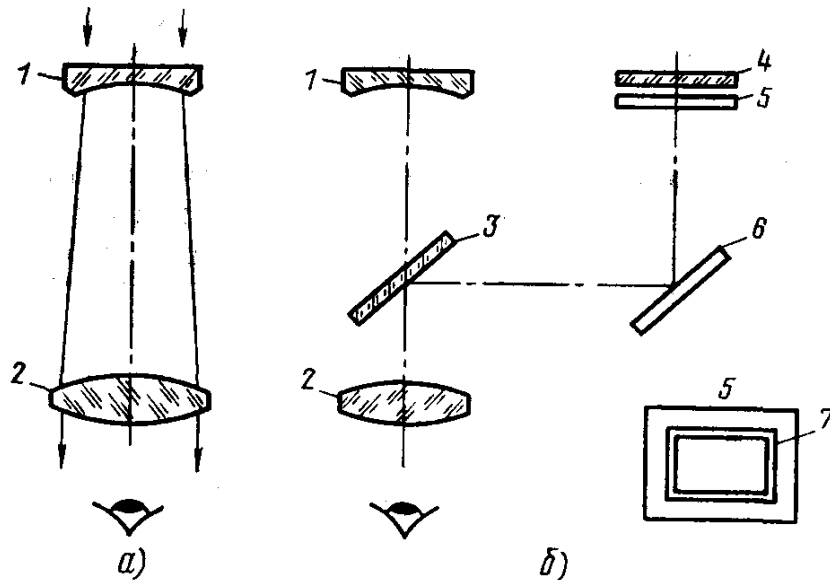


Рисунок 3 – Видошукачі далекомірних фотоапаратів

Для обмеження поля зору в таких видошукачах використовується оправа об'єктива, яка робиться прямокутною. Оскільки оправа, що виступає в ролі польової діафрагми, оптично не сполучена з площиною спостережуваних об'єктів (або їх зображення), то її видно через окуляр нерізно. Отже, такі видошукачі не забезпечують різкого обмеження поля зору. Основна перевага цих видошукачів – малі габарити.

Для усунення цього недоліку видошукачі далекомірних фотоапаратів часто виконуються за схемою (рис. 3, б). Через окуляр 2 оператор спостерігає як об'єкти зйомки, так і обмежувальну рамку 7, нанесену на пластинці 5. Остання є непрозорою для світлових променів, а рамка виконана у вигляді прозорих прорізів, просвічує світловими променями, що пройшли крізь світлорозсіювач 4 (молочне скло). Так як пластинка з рамкою 7 розташована від окуляра 2 на відстані, рівному його фокусній відстані, то рамка здається що знаходиться в «нескінченності» і видно у вигляді яскраво прямокутника, що світиться (тому такі видошукачі називаються *видошукачами з рамкою, що світиться*). Суміщення оптичних променів, що йдуть в окуляр 2, здійснюється за допомогою напівпрозорої пластини 3 і дзеркала 6. Іноді на пластинці 5 роблять кілька обмежувальних рамок, що відповідають кутовим полям змінних об'єктів.

Компенсація паралаксу видошукачів може здійснюватися кількома способами. Так, наприклад, в схемі видошукача (рис. 3, б), компенсувати паралакс можна переміщенням пластинки 5 в напрямках, перпендикулярних лінії візування. Виправляти паралакс видошукача можна також нахилом візирної трубки в сторону оптичної осі знімального об'єктива. Зазвичай, цей нахил здійснюється автоматично в процесі фокусування об'єктива за рахунок кінематичного зв'язку між механізмом фокусування і візирною трубкою.

4.2 Дзеркальні фотоапарати

Характерною особливістю таких апаратів є наявність дзеркала, наявного за знімальним об'єктивом і направляє світлові промені у видошукач апарату при виборі точки зйомки і фокусуванні об'єктива. Застосовуються як однооб'єктивні, так і двооб'єктивні дзеркальні апарати. Останні оснащені двома об'єктивами (рис. 4), один з яких є знімальним, а інший – використовується для візування.

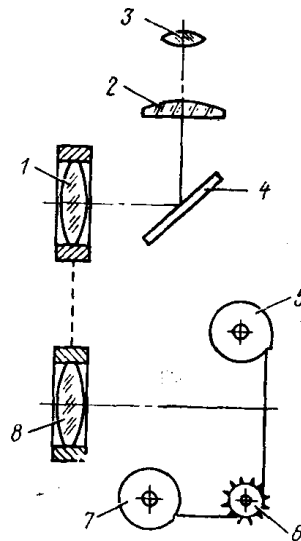


Рисунок 4 – Схема двооб'єктивного дзеркального фотоапарата

Об'єктив 1 видошукача кінематично пов'язаний зі знімальним об'єктивом 8 і обидва об'єктиви в процесі їх фокусування переміщуються одночасно. Фокусування об'єктивів здійснюється по матовій поверхні колективу 2, оптичне зображення на якому спостерігається за допомогою лупи 3. В неробочому положенні апарату лупа спільно зі стінками світлозахисну шахти притискається до корпусу апарата.

За об'єктивом 1 розташоване нерухоме похиле дзеркало 4 направляє світлові промені до колективу 2. Фотоплівка знаходиться в прямому касеті 5 і після експонування перемотано в приймальню касету 7 за допомогою зубчастого валика 6 (або іншим способом).

Найбільш поширені однооб'єктивні дзеркальні фотоапарати, оптична схема яких показана на рис. 5.

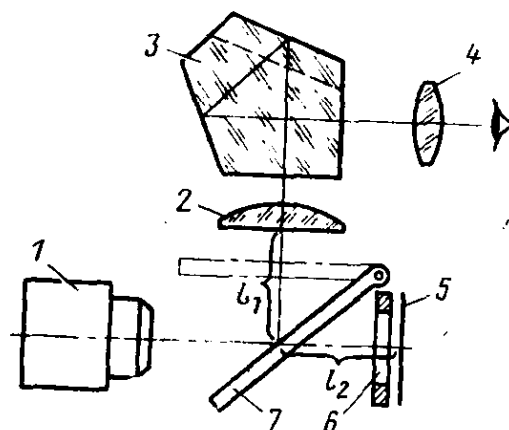


Рисунок 5 – Оптична схема дзеркального фотоапарата

За знімальним об'єктивом 1 розташоване відкидне дзеркало 7, яке при візуванні займає положення, показане на рисунку 5. У цьому положенні воно направляє світлові промені у видошукач, що містить колектив 2, пентапризму 3 і окуляр 4. Фокусування об'єктива здійснюється за матованою поверхні колектива, на якій знімальний об'єктив утворює оптичне зображення об'єкта зйомки.

Перед спрацьовуванням затвора дзеркало 7 відкидається вгору в положення, показане пунктиром, і світлові промені протягом витримки надходять до фотоплівки 5, розташованої за кадровим вікном 6. Одна з робочих граней пентапризми 3 (зазвичай верхня) робиться дахоподібною для повороту зображення в площині, перпендикулярній площині рисунка.

Колектив у дзеркальних апаратах повинен розташовуватися так, щоб його матова плоска поверхня була оптично пов'язана з площиною фотошару. Це забезпечується за рахунок рівності відстаней l_1 і l_2 (похибка не повинна перевищувати 0,02 мм).

Розміри зображення, що спостерігаються на матовій поверхні колективу залежать від розмірів оправы колективу, яка служить польовою діафрагмою. Її роблять прямокутною відповідно до форми кадрового вікна. У дзеркальних апаратах в якості колективу можуть застосовувати лінзу Френеля, що виготовляється з оргскла. Видошукачі однооб'єктивних дзеркальних апаратів не мають паралакса. Для забезпечення можливості безперервного спостереження об'єктів зйомки в сучасних апаратах повернення дзеркала в положення візування здійснюється негайно після спрацьовування затвора (дзеркало безперервного візування). Об'єктиви однооб'єктивних дзеркальних апаратів оснащені, як правило, «стрибаючою» діафрагмою.

4.3 Спеціалізовані фотоапарати і спеціальні види зйомки

Фоторушниця призначена для зйомки крупним планом переважно тварин з великих відстаней. Містить фотоапарат з довгофокусним об'єктивом, змонтований на тримачі, що має вигляд рушничного ложа.

Панорамні фотоапарати забезпечують отримання фотозображень при великих кутах огляду по горизонту (понад 100°), які називаються *панорамами*.

Стереозйомка забезпечує отримання попарних фотозображень об'єкта, що утворюють так звані *стереопари*.

При розгляданні таких пар знімків (наприклад, за допомогою стереоскопа) спостерігач бачить об'ємне зображення знятих об'єктів.

Стереозйомку можна також здійснювати за допомогою спеціалізованих фотоапаратів, оснащених двома об'єктивами.

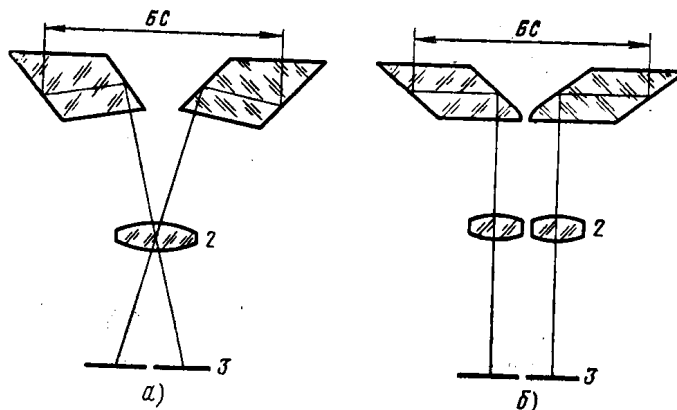


Рисунок 6 – Схеми стереонасадок

Макрофотозйомкою називається зйомка (зазвичай дрібних предметів) з лінійними збільшеннями β_c , значно переважаючими збільшення при звичайній зйомці (β_c від 1/10 до 5). Для здійснення макрозйомки можна застосовувати звичайні фотоапарати (найкраще дзеркальні) з використанням додаткових пристосувань.

Як відомо, переміщення об'єктива при його фокусуванні дорівнює добутку $\beta_c f'$, де f' – фокусна відстань об'єктива. Отже, при зйомці в масштабі 1:1 (в натуральну величину) об'єктив необхідно перемістити в сторону об'єкта на величину, рівну f' . Так як оправы звичайних об'єктивів не забезпечують можливості здійснення таких переміщень, то між об'єктивом і корпусом фотоапарата слід встановлювати або розсувний міх, або проміжні (подовжувальні) кільця.

Останні рекомендується використовувати тільки з дзеркальними фотоапаратами.

При макрофотозйомці відбувається зменшення освітленості зображення, яке слід компенсувати або збільшенням витримки, або збільшенням освітленості об'єкту зйомки.

Найбільш придатними для макрофотозйомки є об'єктиви з невеликими фокусними відстанями (не більше 15 мм). Для зменшення фокусної відстані знімальних об'єктивів до них приєднують позитивні лінзи, звані **насадочними**.

Мікрофотозйомкою прийнято називати зйомку дрібних предметів з використанням мікроскопів. Лінійне збільшення при цьому зазвичай перевищує 5 і може досягати 100 і більше.

Способи мікрофотографування:

1. З використанням тільки об'єктива мікроскопа без окуляра і знімального об'єктива фотоапарата. Цей спосіб мікрозйомки аналогічний раніше розглянутій макрофотозйомці, а для його здійснення слід застосовувати спеціальні мікрооб'єктиви, що утворюють досить плоскі оптичні зображення.

2. З використанням мікроскопа і фотоапарата, який розміщений за мікроскопом, так, щоб вхідна зіниця об'єктива фотоапарата була суміщена з вихідним зіницею окуляра мікроскопа. При такому способі мікрозйомки знімальний об'єктив встановлюється на «нескінченність».

3. З використанням тільки мікроскопа без знімального об'єктива фотоапарата або взагалі без самого фотоапарата. При цьому способі мікрозйомки застосовуються

спеціальні окуляри, що забезпечують отримання оптичного зображення мікрооб'єктів на фотоматеріалі, вміщеному в фотонасадку (для цих цілей можна використовувати і корпус фотоапарата). До таких спеціальних окулярів відносяться фотографічні окуляри і окуляри-вирівнювачі, звані *негативними лінзами (гомалами)*.

Репродукційна фотозйомка включає всі види і способи фотографічного копіювання і розмноження різних документів: креслень, рисунків, друкованих текстів.

Отримувані при репродукційній зйомці фотозображення можуть бути виконані з різними масштабами. Найбільш широко здійснюється фотокопіювання або в натуральну величину (при зйомці сторінок книг і різних документів), або з великим зменшенням (при зйомці креслень і технічної документації з метою мікрофільмування).

Особливості репродукційної фотозйомки:

1. При репродукційній зйомці рекомендується застосовувати спеціальні об'єктиви, розраховані для «роботи на кінцевих відстанях».
2. При репродукційній зйомці необхідно забезпечувати ретельне фокусування об'єктива (наведення на різкість), яке здійснюється за допомогою спеціальних пристосувань (важільних інверсоров або лекальних механізмів) або з використанням лупи.
3. При репродукційній зйомці з метою мікрофільмування необхідно застосовувати фотоматеріали, які мають високу роздільну здатність (не менше 100 лин/мм).
4. При репродукційній зйомці необхідно ретельно вирівнювати оригінали, що забезпечується зазвичай за допомогою притискного скла, який накладається на оригінал, або притискних рамок.
5. Освітлення оригіналу має бути рівномірним по всій поверхні, що забезпечується за допомогою освітлювачів (зазвичай дзеркальних ламп розжарювання), які розміщені на всі боки оригіналу на кронштейнах і мають можливість переміщення щодо оригіналу. Переміщення освітлювачів необхідно для усунення відблисків і підвищення рівномірності освітленості.

Репродукційна зйомка може здійснюватися як за допомогою звичайних фотоапаратів, так і за допомогою спеціалізованих фотоапаратів.

Підводна фотозйомка (фотозйомка під водою) здійснюється звичайними або спеціалізованими апаратами, укладеними в водонепроникні бокси.

При здійсненні підводної фотозйомки слід враховувати наступні її особливості, пов'язані з тим, що фізичні властивості води істотно відрізняються від властивостей повітря:

1. У воді світло має значно більше розсіювання, ніж в повітрі, внаслідок наявності в ній різних зважених часток. Світлорозсіювання призводить до утворення так званого підводного туману, що істотно знижує контраст об'єктів і дальність їх бачення. Внаслідок цього підводний фотозйомка можлива при відстанях до об'єктів, що не перевищує кількох десятків метрів, якщо вода дуже чиста. Практично підводна зйомка проводиться з відстаней, що не перевищують 5...10 м.

2. Вода володіє виборчим поглинанням світла, причому найбільш прозора вона до випромінювань з довжиною хвилі не більше 540 мкм. Внаслідок цього вода набуває характерного забарвлення, що змінюється з глибиною занурення і істотно залежить від складу води (розчинених в ній речовин).
3. Показник заломлення води дорівнює 1,33, а у повітрі він приймається рівним 1,0, тому на межі розділу вода-повітря світлові промені зазнають заломлення. Так як знімальний апарат при підводній зйомці знаходиться всередині водонепроникного боксу, то між об'єктивом 3 і підводним об'єктом 5 (рис. 7) буде розташовуватися ілюмінатор 4, який зазвичай виготовляється у вигляді плоскопаралельної пластини.

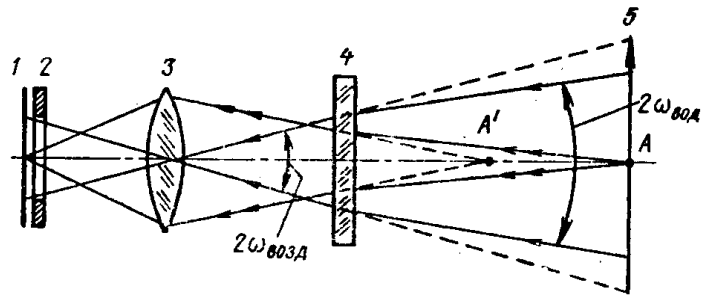


Рисунок 7 – Оптична схема підводної зйомки

Світлові промені, що йдуть від об'єкта зйомки, перш ніж потрапити в знімальний об'єктив, будуть двічі заломлюватися: на межі розділу вода-скло і на межі розділу скло-повітря. В результаті цього кутове поле об'єктива $2\omega_{\text{повітря}}$ в воді зменшиться до $2\omega_{\text{води}}$ і об'єкт 5 не буде повністю зображений на фотоматеріалі 1 в межах кадрового вікна 2. Для того щоб зображення об'єкта повністю вмістилося в кадровому вікні, треба або збільшувати відстань зйомки (приблизно на 1/4) або застосовувати об'єктив з великим кутовим полем. Зі збільшенням відстані до об'єкта підвищується світлорозсіяння і, як наслідок, знижується якість зображення, тому при підводній зйомці рекомендується застосовувати знімальні об'єктиви з великими кутовими полями (100 і більше градусів).

При фокусуванні знімального об'єктива за шкалою відстаней слід враховувати, що в воді всі об'єкти здаються наближеними до об'єктива приблизно на 1/4 дійсної відстані. Світлові промені, що йдуть від точки A об'єкта 5, будуть надходити в об'єктиві 3 як би виходять з точки A', тому на шкалі відстаней треба встановлювати значення, яке становить 3/4 від дійсної відстані до об'єкта зйомки.

До водонепроникних боксів, всередині яких містяться знімальні апарати, висуваються такі вимоги:

- 1) надійна герметизація;
- 2) достатня міцність (витримувати тиск до 50 атм.);
- 2) хороша стійкість у воді і деяка позитивна плавучість;
- 3) зручність і простота в зверненні при мінімальних габаритах і масі;
- 4) бокси повинні виготовлятися з матеріалів (алюмінієвих сплавів і пластмаси), що не піддаються як звичайній корозії, так і електрохімічного процесу (явищу електролізу).

Для вивчення морського дна і організмів, що мешкають в морях, широко використовується глибоководні апарати – батискафи, батисфери.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кулагин С. В., Гуменюк А. С., Дикарев В. Н., Зубарев В. Е., Лебедев Е. Н., Мосягин Г. М. Оптико-механические приборы. – М.: Машиностроение, 1984. – 352 с.
2. Бабушкин С. Г., Беркова М. Г., Гольдин К. Р., Крупп Н. Я., Муниц К. А., Сухопаров С. А., Тарасов К. И. Оптико-механические приборы. – М.: Машиностроение, 1965. – 363 с.
3. Лисогор М. М., Черкасов Ю. П. Кинопроекционная и учебная демонстрация кинофильмов: – М.: Высш. школа, 1982, – 263 с.
4. Апенко М. И., Дубовик А. С. Прикладная оптика. – М.: Наука, 1971. – 387 с.
5. Волосов Д. С. Фотографическая оптика: (Теория, основы проектирования, оптические характеристики). – М.: Искусство, 1978. – 543 с.