

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

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Директор ОМК**

\_\_\_\_\_ Т. Г. Колесник

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

# **МАТЕРІАЛИ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ**

**ДО ТЕМИ: «АСТРОНОМІЧНІ ПРИЛАДИ»**

**З ДИСЦИПЛІНИ: «ОПТИЧНІ І ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ПРИЛАДИ»**

для спеціальностей: 152 «Метрологія та інформаційно-вимірвальна 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

1 Основні типи астрономічних приладів та їх застосування .....	3
2 Загальна компоновка астрономічних телескопів .....	5
3 Труби телескопів .....	5
3.1 Рефрактори .....	6
3.2 Рефлектори .....	7
3.3 Дзеркально-лінзовий системи .....	8
4 Монтування телескопів .....	10
5 Великі астрономічні телескопи .....	12
6 Астрографи .....	14
7 Корonoграфи .....	14
8 Телевізійні телескопи .....	15
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	16

## 1 Основні типи астрономічних приладів та їх застосування

Астрономія вивчає рух, будову, походження і розвиток небесних тіл і їх систем. Основним джерелом відомостей про небесні тіла є електромагнітні хвилі (ЕМХ), які або випромінюються і поглинаються, або відбиваються цими тілами. ЕМХ, що приходять на Землю від небесних тіл, дають можливість вивчати положення і рух небесних тіл. Аналіз ЕМХ дозволяє вивчати фізичний стан небесних тіл.

Для отримання інформації про небесні тіла в оптичному діапазоні хвиль використовуються оптичні астрономічні прилади.

Для вивчення небесних об'єктів використовуються *телескопи*.

Для вимірювання небесних координат світил, визначення географічних координат місця спостереження служать астрономічні *кутомірні інструменти та прилади*.

До кутомірних астрономічних інструментів відносяться:

- *універсальний інструмент;*
- *меридіане коло;*
- *пасажний інструмент;*
- *зеніт-телескоп;*
- *секстант.*

*Універсальний інструмент* дозволяє в будь-якій точці земної поверхні виміряти горизонтальні координати світила або географічні координати місця спостереження.

Універсальний інструмент (Рис. 1) складається з зорової труби 2, що має можливість повертатися навколо двох взаємно перпендикулярних осей – горизонтальної і вертикальної.

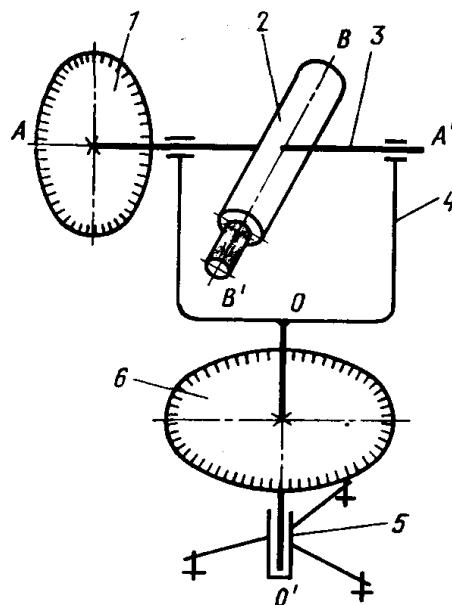


Рисунок 1 – Схема кутомірного приладу

Кути повороту труби відраховуються по горизонтальному лімбу *б* і вертикальному лімбу *л*. Методика роботи з універсальним інструментом така ж, як з кутомірним геодезичним приладом. Універсальні інструменти виготовляються порівняно невеликих розмірів:

- діаметри лімбів – від 100 до 300 мм,
- фокусні відстані зорових труб – від 100 до 500 мм,
- точність вимірювання кутів – від 30 до 5".

**Меридіане коло** складається з зорової труби, яка може обертатися тільки навколо горизонтальної осі. Остання лежить на лагерах, встановлених на потужному бетонному фундаменті. Меридіане коло відрізняється від системи теодоліта відсутністю горизонтального кола. Прилад встановлюється стаціонарно. Горизонтальна вісь меридіанного кола повинна бути спрямована точно зі сходу на захід. Тоді труба буде розташовуватися і обертатися точно в площині небесного меридіана. З трубою жорстко пов'язаний вертикальний лімб, за яким вимірюються вертикальні кути. Точність вимірювання кутів до 0,1".

Розміри меридіанних кіл:

- діаметри лімбів – від 500 до 1000 мм,
- фокусні відстані об'єктивів труб – від 1500 до 3000 мм,
- діаметри об'єктивів – від 100 до 200 мм.

В фокальній площині об'єктива натягнуті ряди горизонтальних і вертикальних ниток. Середня вертикальна нитка зображує меридіан. Обов'язкове підсвічування ниток. Кожне світило спостерігається тільки під час кульмінації (проходження меридіана).

**Пасажний інструмент** служить для визначення поправок годинників шляхом спостереження проходження зірок через меридіан з точністю до кількох сотих часток секунди. Він побудований так само, як і меридіане коло, тільки замість точного лімба з горизонтальною віссю пасажу пов'язане невелике коло-шукач, яке служить для наближеної установки труби на потрібну висоту над горизонтом. Пасажні інструменти виготовляються:

- з діаметрами об'єктива 50, 70, 90 і 100 мм;
- фокусна відстань об'єктива 1000 мм;
- змінне збільшення  $100\times$ ,  $140\times$ ,  $200\times$ ;
- вага 280 кг.

**Зеніт-телескоп** служить для точного вимірювання малих різниць зенітних відстаней зірок поблизу зеніту. Основною частиною приладу є зорова труба з високоточним рівнем і окуляр-мікрометром. За рівнем труба точно встановлюється в зеніт, і за допомогою окуляр-мікрометра фіксується положення зірок у полі зору. Дані спостереження дозволяють точно визначати географічну широту місця спостереження і вивчати рух полюсів Землі.

**Секстанти** – прилади, призначені для вимірювання висот світил. Сектанти застосовують для вирішення навігаційних завдань як при мореплаванні, так і при польотах в приземному просторі і в космосі. Сектант є кутомірний прилад.

Суттєвою особливістю його є те, що візування обох предметів, між якими вимірюється кут, здійснюється не послідовно, а одночасно і полягає в поєднанні зображень обох об'єктів, що спостерігаються, в полі зору приладу.

Для визначення географічних координат місця судна або літального апарату, за допомогою секстанта вимірюють висоти небесних світил щодо штучного або видимого горизонту. Для визначення напрямку вертикалі (штучного горизонту) в сексантах використовується рідинний рівень або гіроскоп.

## 2 Загальна компоновка астрономічних телескопів

Астрономічний телескоп містить два основних вузли (рис. 2):

1. Труби;
2. Монтування.

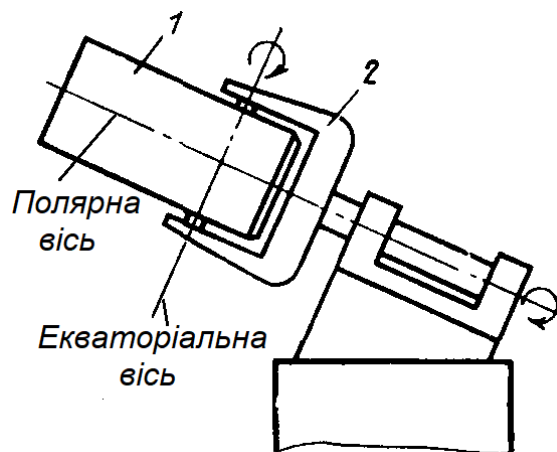


Рисунок 2 – Схема телескопа: 1 – Труба; 2 – Монтування

Для спостереження космічних об'єктів необхідно трубу телескопа направити так, щоб її оптична вісь проходила через об'єкт спостереження, і при цьому переміщати трубу таким чином, щоб об'єкт знаходився безперервно в полі зору телескопа.

## 3 Труби телескопів

Розрізняють **три види оптичних систем**, що застосовуються в телескопах:

- **рефрактори** (лінзовий системи)
- **рефлектори** (дзеркальні системи),
- **дзеркально-лінзовий** системи.

### 3.1 Рефрактори

У *рефракторах* (рис. 3) використовується лінзовий об'єктив, що складається з двох або трьох лінз. Застосовуються в основному в телескопах і астрономічних кутомірних інструментах, у яких діаметр об'єктива не перевищує 200...300 мм. Отримання лінз великого діаметра і гарної якості неможливо, зважаючи на зростання аберацій.

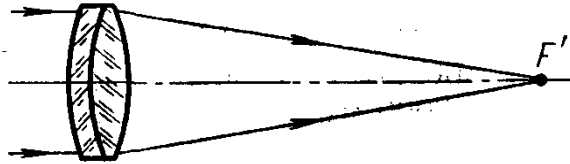


Рисунок 3 – Схема об'єктива рефрактора

Так як всі розглянуті об'єкти розташовані в нескінченності, то фокальна площина окуляра розташовується в фокальній площині об'єктива, де розміщується площина штрихів сітки. Сітка може мати перехрестя з можливим розривом в центрі або різне число вертикальних і горизонтальних ниток. Оправа служить вхідною зіницею об'єктива. У більш складних телескопах можуть бути кілька діафрагм всередині.

У телескопах рефракторах прийнята система Кеплера. Головним параметром зорової труби є кутове збільшення  $\Gamma$ , чим воно більше, тим краще розглядається об'єкт:

$$\Gamma = f'_{об} / f_{ок}$$

Промені надходять в систему під дуже малим кутом. Під тим же кутом розглядає об'єкт і неозброєне око, але кут виходу променів з системи повинен бути значно більшим. Тільки в цьому випадку телескоп дає потрібні результати. Для отримання більшого кута необхідно мати об'єктив з великою фокусною відстанню, а окуляр якомога меншою.

Світлосила об'єктива:

$$H = D / f'_{об}$$

де  $D$  – діаметр вхідної зіниці об'єктива.

Таким чином, кількість світла, що збирається об'єктивом, пропорційна площі його вхідного отвору.

Зірка завжди зображується у вигляді дифракційних кілець.

Розмір зображення зірки, що можна бачити залежить від діаметра об'єктива, фокусної відстані об'єктива і довжини світлової хвилі:

$$R = 1,22 \lambda f' / D.$$

Межа роздільної здатності об'єктива полягає у хвильовій природі світла.

### **Переваги рефракторів:**

- мала чутливість до прогину лінз;
- закрита труба;
- мала чутливість до неточного регулювання;
- об'єктив добре зберігається.

### **Недоліки рефракторів:**

- наявність хроматичної аберації;
- поглинання в ультрафіолетовій та інфрачервоній області спектра;
- мала світлосила (максимум 1:15);
- велика довжина труби, що викликає прогин, який складно врахувати.

## **3.2 Рефлектори**

Перший **рефлектор**, винайдений Ньютоном складався з металевого дзеркала діаметром 2 дюйми, маленького плоского дзеркала і окуляра. Перші сферичні дзеркала швидко тьмяніли, відбивали порівняно мало світла (60%) і були важкі, тому з винаходом ахроматичного об'єктива втратили своє значення.

Сріблення і алюмінування поліпшило якість дзеркал і дозволило замінити металеві дзеркала скляними. Алюмінієві поверхні довговічніше поверхонь зі срібла (срібло поглинає ультрафіолетове випромінювання) і відбивають 90% світла, а також ультрафіолетові промені.

У схемі **Ньютона** (рис. 4) промені відбиваються від головного параболічного дзеркала 2 і плоского дзеркала 1 і збираються в фокусі об'єктива  $F'$ .

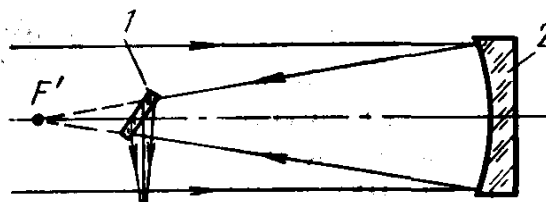


Рисунок 4 – Схема Ньютона

У схемі Кассегрена (рис. 5.) промені спочатку відбиваються від головного параболічного дзеркала 2, потім від дзеркала 1, що має форму гіперболоїда обертання, і збираються в фокусі системи.

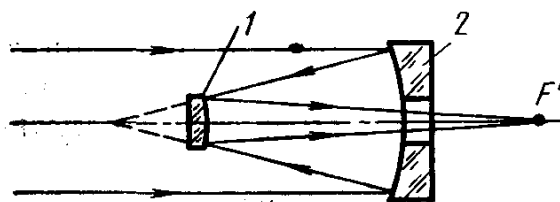


Рисунок 5 – Схема Кассегрена

Схема **Грегорі** (рис. 6) відрізняється від схеми Кассегрена тим, що дзеркало 1 стоїть після головного фокуса основного дзеркала 2 і є еліпсоїдом обертання.

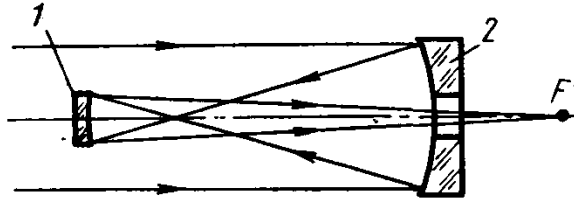


Рисунок 6 – Система Грегорі

У всіх великих телескопах [в «ЗТШ» з діаметром об'єктива 2,6 м (СРСР), в Паломарському – 5 м (США), в «ВТА» – 6 м (СРСР)] використовують дзеркальні об'єктиви.

#### **Переваги дзеркальних систем:**

- не володіють хроматичною аберацією;
- можуть працювати в усіх ділянках оптичного діапазону;
- не мають сферичної аберації.

#### **Недоліки рефлекторів з параболічними дзеркалами:**

- безабераційне зображення нескінченно віддаленої точки будується лише на оптичній осі.
- при зміщенні зображення з оптичної осі з'являються неосьові аберації (кома, дисторсія і кривизна поля зображення), що різко погіршують якість зображення.

Для компенсації неосьових аберацій використовують різні лінзові компенсатори. При спостереженні за допомогою рефлекторів великих ділянок неба вони дозволяють отримати хорошу якість зображення по всьому полю зору. Дзеркальні системи використовують в телескопах з діаметрами об'єктивів більше 1 м.

### **3.3 Дзеркально-лінзовий системи**

**Дзеркально-лінзовий системи** зорових труб з'явилися результатом робіт по покращенню якості оптичних систем рефракторів і рефлекторів.

В даний час всі великі телескопи – **дзеркально-лінзові системи**.

Схема **Шмідта** (рис. 7) складається з корекційної лінзи Шмідта 1 і сферичного дзеркала 2.

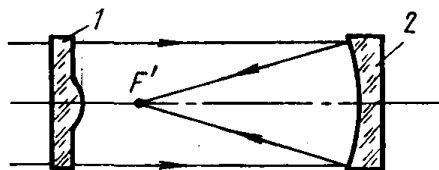


Рисунок 7 – Телескоп Шмідта: 1 – коригуюча лінза;  
2 – сферичне дзеркало; 3 – фокальна площина



У телескопі Шмідта вдалося отримати велику світлосилу. Перед сферичним дзеркалом 2 встановлюється спеціальна лінза 1 (пластинка) складної форми, коригуюча сферичну аберацію і непараболічність дзеркала.

Недолік цієї системи в складності виготовлення корекційної лінзи.

Схема **Максутова** (рис. 8) складається з лінзи 1, малого дзеркала 2; великого дзеркала 3.

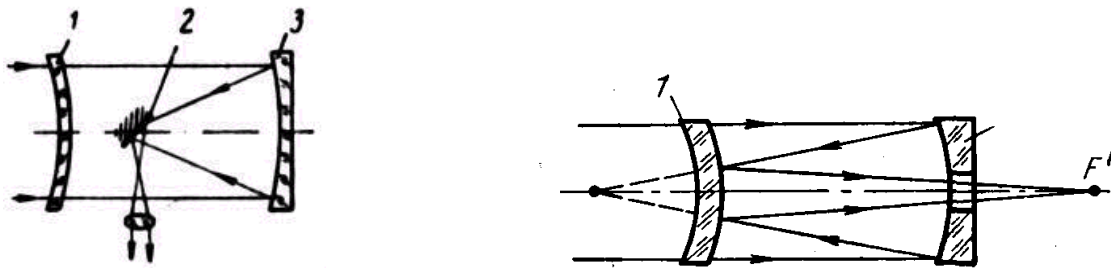


Рисунок 8 – Телескопи Максутова:

1 – лінза; 2 – мале дзеркало; 3 – велике дзеркало

Параметри меніска і великого сферичного дзеркала розраховуються таким чином, що аберації меніска компенсували аберації дзеркала (тобто позитивна сферична аберація дзеркала виправляється менісковою лінзою, що має негативну сферичну аберацію; причому остання майже не має хроматичної аберації).

#### **Переваги телескопа Максутова:**

- не має сферичної, хроматичної аберації, коми і дисторсії;
- труба малої довжини герметична;
- майже всі оптичні поверхні сферичні, легко виготовляються;
- можуть бути використані для наземних спостережень.

Дзеркально-лінзовий оптичні системи використовуються в телескопах з діаметрами об'єктивів до 700 мм. Для візуального спостереження в телескопах встановлюють окуляр таким чином, щоб передній фокус окуляра збігався з заднім фокусом об'єктива.

В схемі **Шайна** (рис. 9) промені збираються алюмінієвим параболическим дзеркалом 3 діаметром 2,6 м і, відбившись від опуклого 1 і плоского 2 дзеркал, виходять за межі дзеркала 3, де зображення розглядається через окуляр 4 в фокальній площині.

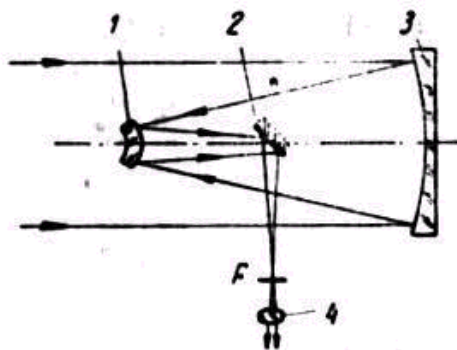


Рисунок 9 – Телескоп Шайна: 1 – сферичне дзеркало; 2 – плоске дзеркало;  
3 – параболическе дзеркало

Додаткові оптичні системи дозволяють змінювати фокусну відстань від 10 до 100 м.

Конструкція *телескопа Шайна* складна. Вага дзеркала 4 т. Відхилення від параболическої форми не перевищує сотих часток мікрона. Дзеркало укладено в сталеву коробчасту оправу, що розташовується на трьох опорах. Оправа являє собою теплоізоляційну камеру. Саморегулююча розвантажувальна система дзеркала оберігає його від спотворень, викликаних прогином від власної ваги. Спеціальними терморегуляторами підтримується потрібна температура, тому прогин не перевищує мікрона. Автоматичні системи наводять на потрібні об'єкти, «стежать» за ними, повертаючи телескоп за заданою програмою (поворот здійснюється в гідравлічних підшипниках), керують роботою затвора, змінюють касети, встановлюють фокусування. Пристрої телескопа дають можливість фотографувати небесні світила, виробляти фотометричні дослідження, спектральний аналіз.

#### ***Переваги дзеркально-лінзових систем:***

- мають повну ахроматизацію (дзеркало відбиває однаково промені всіх довжин хвиль);
- володіють багаторазовим відбиттям, яке робить трубу коротшою;
- великою світлосилою (1:0,6);
- менша кількість поверхонь, що оброблюються.

#### ***Недоліки дзеркально-лінзових систем:***

- велика чутливість до прогину дзеркал;
- незручність для точних астрономічних робіт, так як зсув дзеркала на кут  $\alpha$  дає зміщення зображення на  $2\alpha$ . У зв'язку з цим телескопи-рефлектори використовують переважно для астрофізичних досліджень. Для точних астрономічних робіт використовується рефрактор не дуже великих розмірів, щоб уникнути прогину труб.

## **4 Монтування телескопів**

*Монтування* представляє собою спеціальну установку, що дозволяє повертати телескоп навколо двох взаємно перпендикулярних осей. Якщо при цьому одну вісь направити на полюс світу (полярна вісь), то інша (вісь схилення) буде лежати в площині небесного екватора (рис. 2).

Таке монтування називається *екваторіальним* або *паралактичним*, а телескоп – *екваторіалом*. Якщо навести екваторіал на зірку, то, щоб стежити за нею досить повертати телескоп тільки навколо полярної осі, оскільки схилення світила залишається незмінним.

Крім паралактичного монтування може використовуватися *азимутальне монтування*.

**Азимутальне монтування буває двох типів:**

1. *Горизонтальне* (рис. 10, *а*)
2. *Альтазимутальне* (рис. 10, *б*).

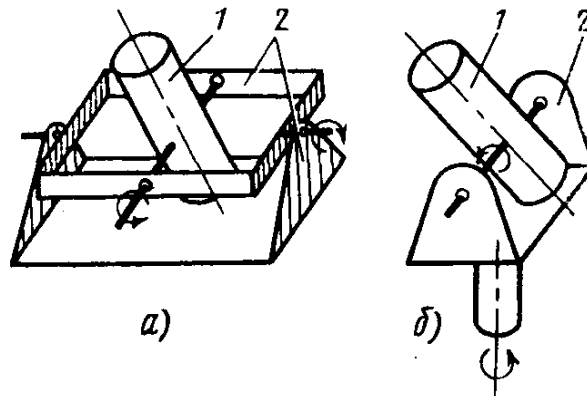


Рисунок 10 – Схеми монтування телескопів: *а* – горизонтальне; *б* – альтазимутальне

При спостереженні за зіркою при азимутальному монтуванні необхідно здійснювати одночасний рух труби телескопа як навколо горизонтальної, так і вертикальної осей.

При горизонтальному монтуванні найбільші швидкості обертання виникають поблизу горизонту (навколо точок сходу і заходу, тобто в практично неробочій зоні), а в альтазимутальному – поблизу зеніту, тому область неба, наближена до зеніту виявляється недоступною для спостережень.

Система управління телескопом повинна забезпечувати виконання таких операцій:

- наведення труби на об'єкт (може здійснюватися за допомогою телевізійних систем);
- спостереження за об'єктом (в разі паралактичного монтування може здійснюватися як за допомогою годинникового механізму, так і за допомогою гіда. Гід являє собою оптичну систему, оптична вісь якої встановлюється паралельно основній трубі. Гід забезпечується фотоелектричною системою автоматичної корекції, з якої знімається сигнал неузгодженості зірки, що спостерігається і подається на приводні двигуни монтування);
- гідрування (корекції положення видимого зображення об'єкта). При азимутальному монтуванні стеження за зіркою може здійснюватися лише за рахунок гідрування.

## 5 Великі астрономічні телескопи

**Великий телескоп азимутальний (ВТА)** (рис. 11) з діаметром дзеркала 6 м встановлений в спеціальній астрофізичній обсерваторії на Північному Кавказі.



Рисунок 11 – Зовнішній вигляд великого телескопа азимутального

Оптична система ВТА показана на рис. 11.

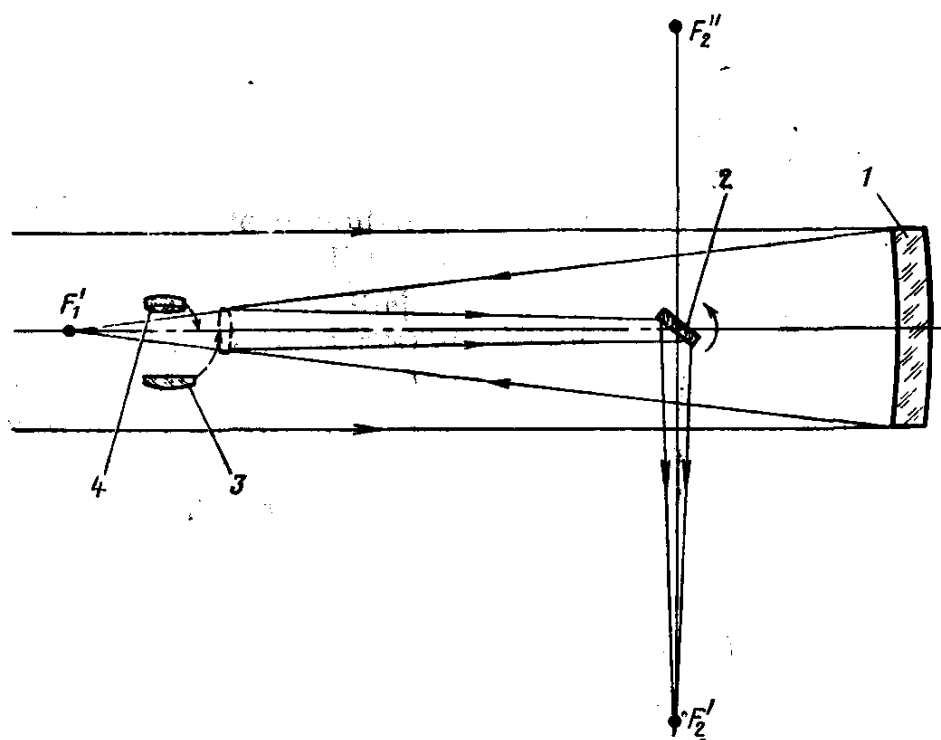


Рисунок 11 – Оптична схема об'єктива ВТА

Основна оптична деталь – головне параболічне дзеркало  $1$ , що має світловий діаметр 6 м і фокусну відстань 24 м. В системі первинного фокуса (точка  $F_1'$ ) встановлюються прилади, призначені для робіт, що вимагають дуже малого кутового поля ( $2\omega \leq 2'$ ). Для збільшення кутового поля до  $2\omega = 12'$  застосовується лінзовий компенсатор Максутава  $4$ . Для виведення головного фокуса за трубу

використовується гіперболічне дзеркало 3 і плоске дзеркало 2. У цьому випадку еквівалентна фокусна відстань об'єктива  $f'_{об}=180$  м. Обертанням дзеркала 2 пучок може збиратися в  $F'_1$  або  $F'_2$ .

Конструктивно телескоп складається з двох основних вузлів: монтування 2 і труби 1 (рис. 12).

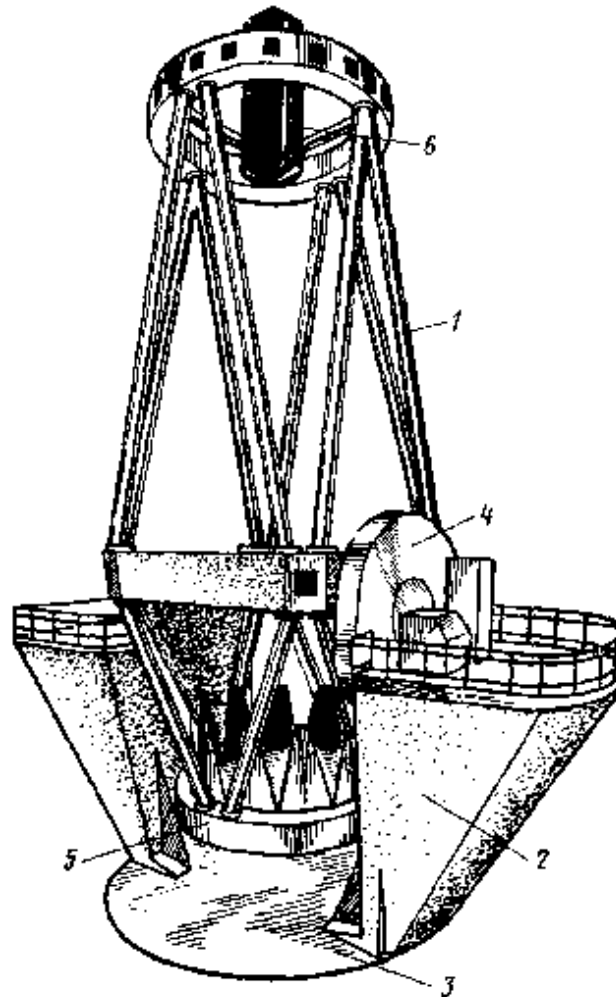


Рисунок 12 – Великий телескоп азимутальний

Монтування телескопа альтазимутальне і містить опорно-поворотну частину 5 і стійку з підшипниками горизонтальній осі 4. Опорно-поворотна частина монтується на залізобетонному фундаменті вежі.

Труба телескопа складається з стрижневого каркаса, оправы з головним дзеркалом і механізмами розвантаження 5, стакану первинного фокуса з кабіною спостерігача 6.

Система управління телескопом побудована на базі цифрової комбінованої (позиційно-швидкісної) системи стеження.

Наведення і стеження здійснюється в результаті спільної роботи трьох систем:

- цифрової системи автоматичного управління, в якій в якості керуючого елемента використовується ЕОМ;

- системи компенсації;
- системи фотоелектричної автоматичної корекції (гідрування).

Визначення зірок для гідрування здійснюється за допомогою телевізійної системи. Система гідрування складається з двох труб з паралельними осями. На одній встановлений фотографічний об'єктив, а на іншій – візуальний. Для отримання фотографій великих ділянок неба (поверхню Місяця, сузір'я) астрографи обладнуються ширококутними і світлосильні об'єктивами.

Основні дані телескопа: загальна висота (при зенітному положенні труби) 42 м; вага головного дзеркала 42 т; діаметр головного дзеркала 6 м; загальна висота вежі 44 м; зовнішній діаметр башти 48 м; точність стеження 0,1...0,2".

## 6 Астрографи

Всі сучасні телескопи разом з візуальними спостереженнями дозволяють використовувати фотографічний метод реєстрації випромінювання.

***Астрографи*** – прилади, призначені спеціально для фотографічних робіт.

Високочутлива фотоплівка (фотопластинка) в спеціальній касеті встановлюється в фокальній площині телескопа і експонується з великою експозицією. В результаті тривалої експозиції виходять фотографії дуже слабких об'єктів, які практично недоступні для візуальних спостережень. Далі негатив проявляється і після цього вивчається.

Система гідрування складається з двох труб з паралельними осями. На одній встановлений фотографічний об'єктив, а на іншій – візуальний. Для отримання фотографій великих ділянок неба (поверхню Місяця, сузір'я) астрографи обладнуються ширококутними і світлосильними об'єктивами.

### **Переваги астрографа:**

- на негативі отримують вимірювання більшої точності, ніж в процесі спостереження;
- на фотонегативи не впливають помилки спостерігача;
- зберігання негативів забезпечує можливість повторних вимірів.

## 7 Коронографи

***Коронограф*** – прилад для вивчення зовнішньої частини сонячної атмосфери – корони (найбільш розріджена оболонка Сонця).

За допомогою коронографа можна спостерігати внутрішню корону поза затемненням. Він являє собою зорову трубу-рефрактор, всередині якої міститься екран («штучний місяць») і інтерференційно-поляризаційний фільтр (корона спостерігається в монохроматичних променях) таким чином, щоб закрити

центральну частину зображення Сонця. В результаті видно лише корону, яка може спостерігатися візуально або фотографуватися.

Корonoграф має екваторіальне монтування.

Якість оптики приладу повинна бути дуже високою, щоб уникнути джерел розсіювання світла – бульбашок, порошинок та інших дефектів. Для зменшення розсіювання від атмосферних порошинок коронографи встановлюють на великій висоті в горах.

Існують конструкції позаатмосферних телескопів, що піднімаються на висоту 20 км на автоматичних аеростатах. В основному вони призначаються для вивчення Сонця. Дзеркало – параболічне, грубе і точне наведення здійснюється електронно-автоматичними гідами. Оптичний датчик перевіряє якість зображення і в разі необхідності переміщує фокальну площину в площину фотоплівки.

Щоб отримати точні результати вимірювань слід враховувати явище рефракції (відхилення світлового променя від первісного напрямку при проходженні в шарі атмосфери Землі), оскільки показник заломлення повітря більше одиниці (1,03).

## **6 Телевізійні телескопи**

Деякі телескопи забезпечені телевізійними приставками, завдяки яким спостереження можна вести з будь-якої відстані і з будь-якого приміщення обсерваторії.

### ***Переваги телевізійних приставок:***

- дуже чутливі до слабкого світла;
- дозволяють збільшувати контрастність зображення і фотографувати його;
- значно скорочена витримка;
- реєструють швидкорухомі слабкі об'єкти (космічні ракети, супутники);
- дозволяють вивчати нестабільність оптичних властивостей земної атмосфери;
- дозволяють отримувати зображення в інфрачервоних променях.

## 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. Гвоздева Н. П., Дитева Г. И. Оптико–механические контрольно-измерительные и лабораторные приборы. 1972. – 143 с.
3. Попов Г. М. Современная астрономическая оптика. – М.: Наука, 1988. – 192 с.
4. Максutow Д. Д. Астрономическая оптика. – Л.: Наука, 1979. – 395 с.
5. Михельсон Н. Н. Оптика астрономических телескопов и методы ее расчета. – М.: Физматлит, 1995. – 333 с.
6. Щеглов П. В. Проблемы оптической астрономии. – М.: Наука, 1980. – 272 с.
7. Газизов Н. Р., Стяпшин В. М., Файзуллин Д. Р., Шишаков К. В. Современные оптические телескопы (Часть 1). Ижевск: ИжГТУ, 2006, – 84 с.
8. Чикинь А. А. Отражательные телескопы. Петроградъ, Редакція пердическихъ изданій Министерства Финансовъ, 1915. – 128 с.