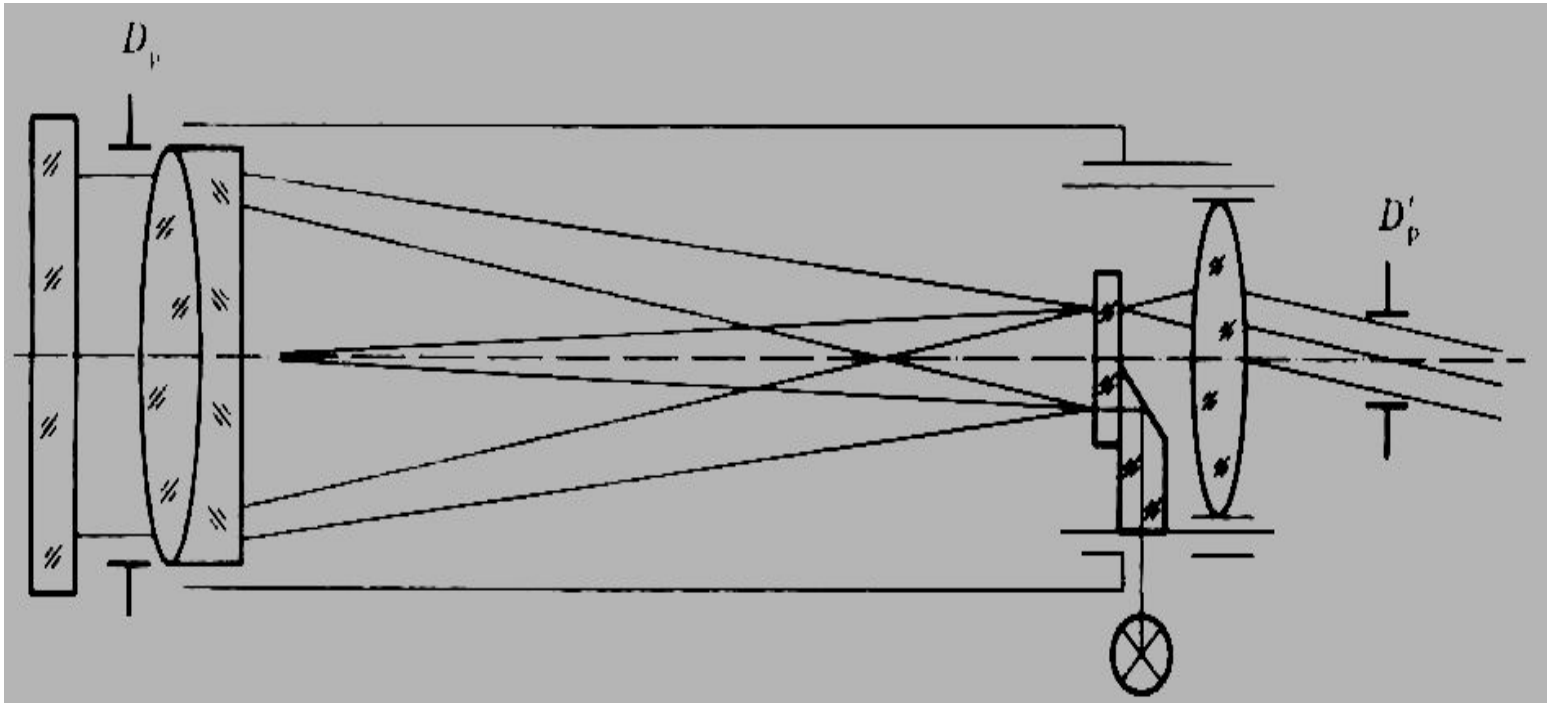
Оптические измерения

Лекция 4

Темы лекции

- Автоколлимационная зрительная труба
- Автоколлимационный окуляр
- Измерительный микроскоп

Автоколлимационная зрительная труба



$$a = 2f'_{ОБ} \operatorname{tg}\varphi,$$

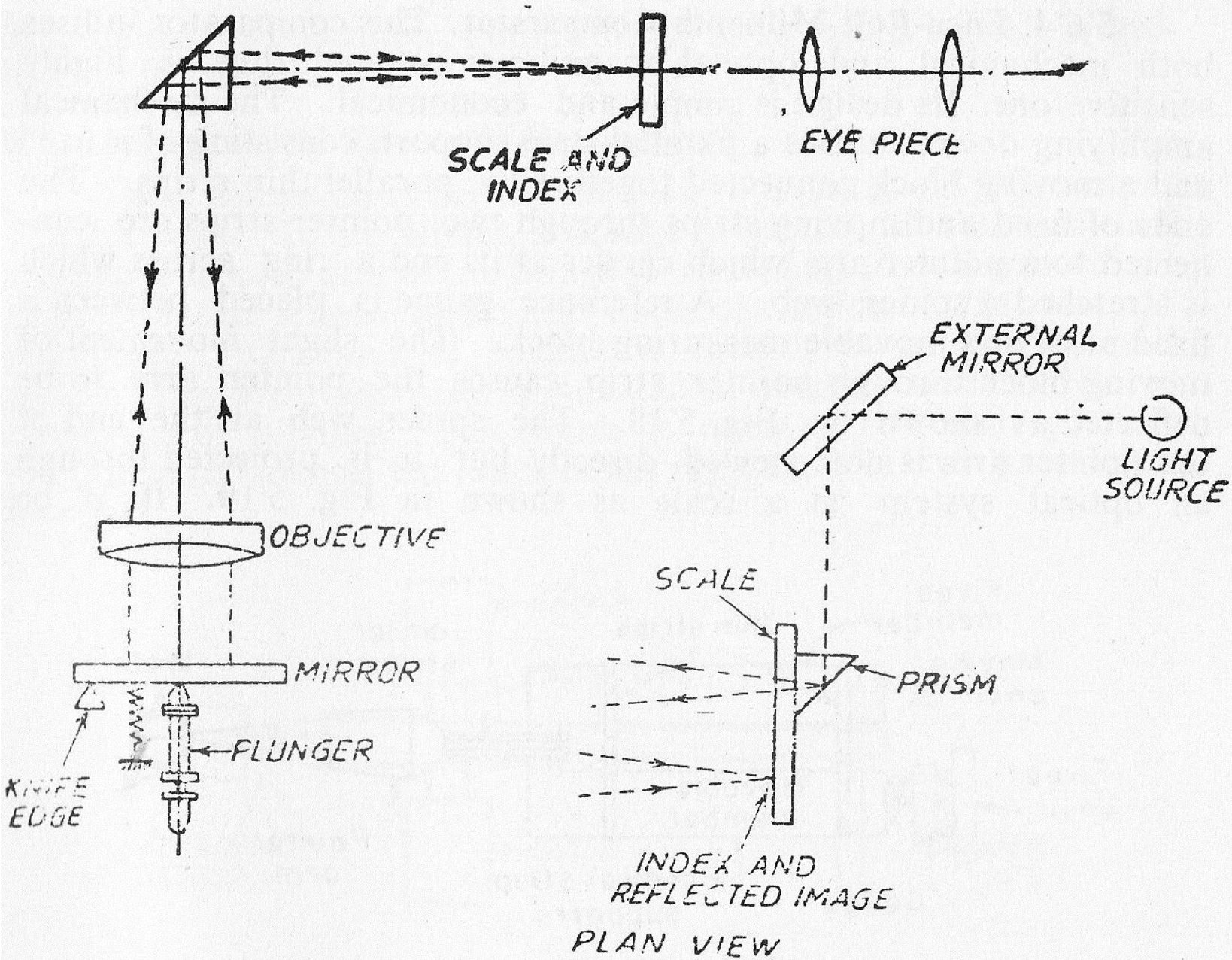

SCALE AND INDEX
EYE PIECE
EXTERNAL MIRROR
LIGHT SOURCE
OBJECTIVE
SCALE
MIRROR
PRISM
PLUNGER
KNIFE EDGE
INDEX AND REFLECTED IMAGE
PLAN VIEW

Fig. 5·17

Автоколлимационная зрительная труба

- Сочетает свойства зрительной трубы и коллиматора
- Имеет новое качество, возникшее в результате объединения: измерение малых отклонений углов
- Точность увеличивается с увеличением фокусного расстояния объектива (увеличения зрительной трубы)

Автоколлимационная зрительная труба

Требования к объективу (аберрации) вдвое более жесткие, чем требования к объективу зрительной трубы с такой же разрешающей способностью - 0,25λ

Разрешающая способность $\Delta\varphi = 120'' / D$

Поле зрения < 5°

Относительное отверстие 1:5 – 1:15

Автоколлимационные окуляры

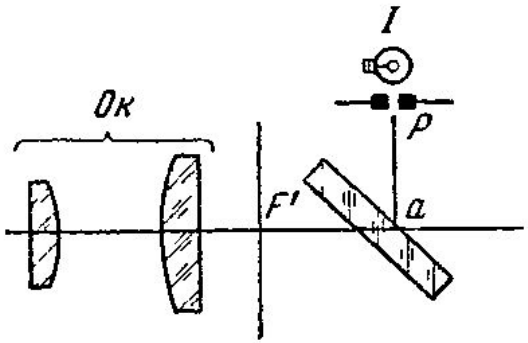


Рис. 118. Автоколлимационный окуляр с пластинкой

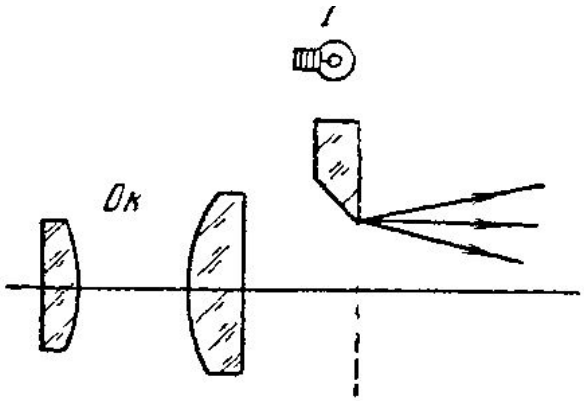


Рис. 119. Автоколлимационный окуляр с призмой

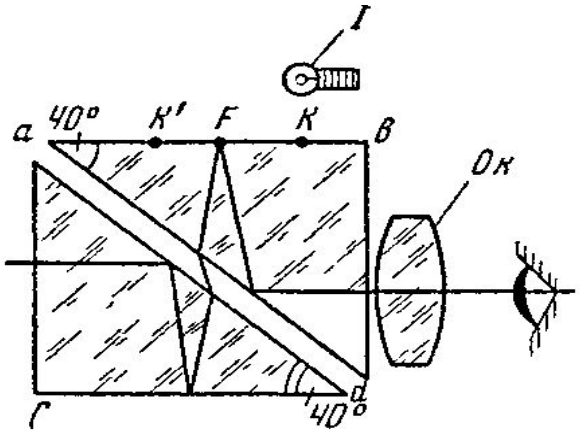
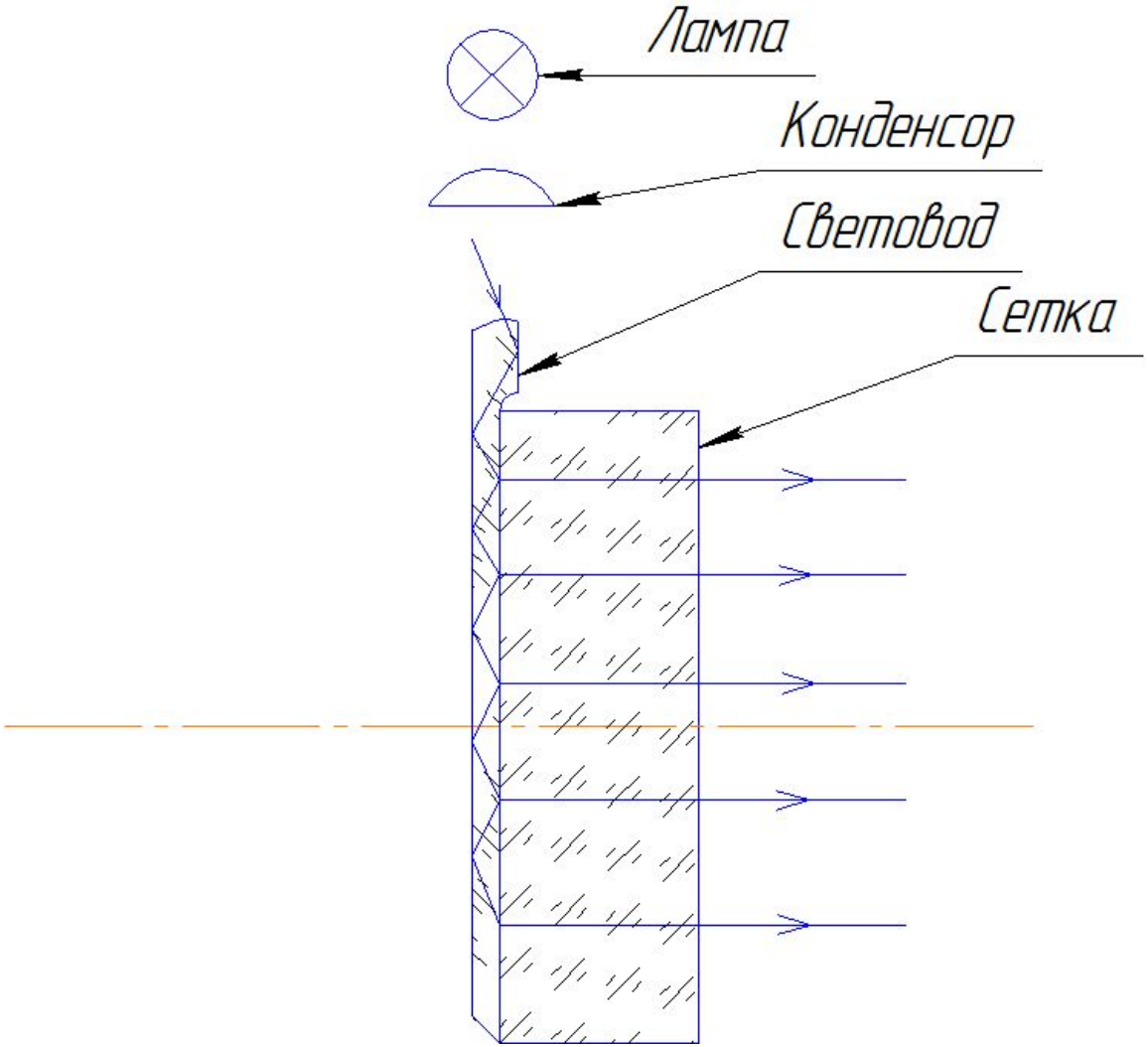


Рис. 120. Автоколлимационный окуляр Захарьевского

Вариант со световодом



Автоколлимационные окуляры

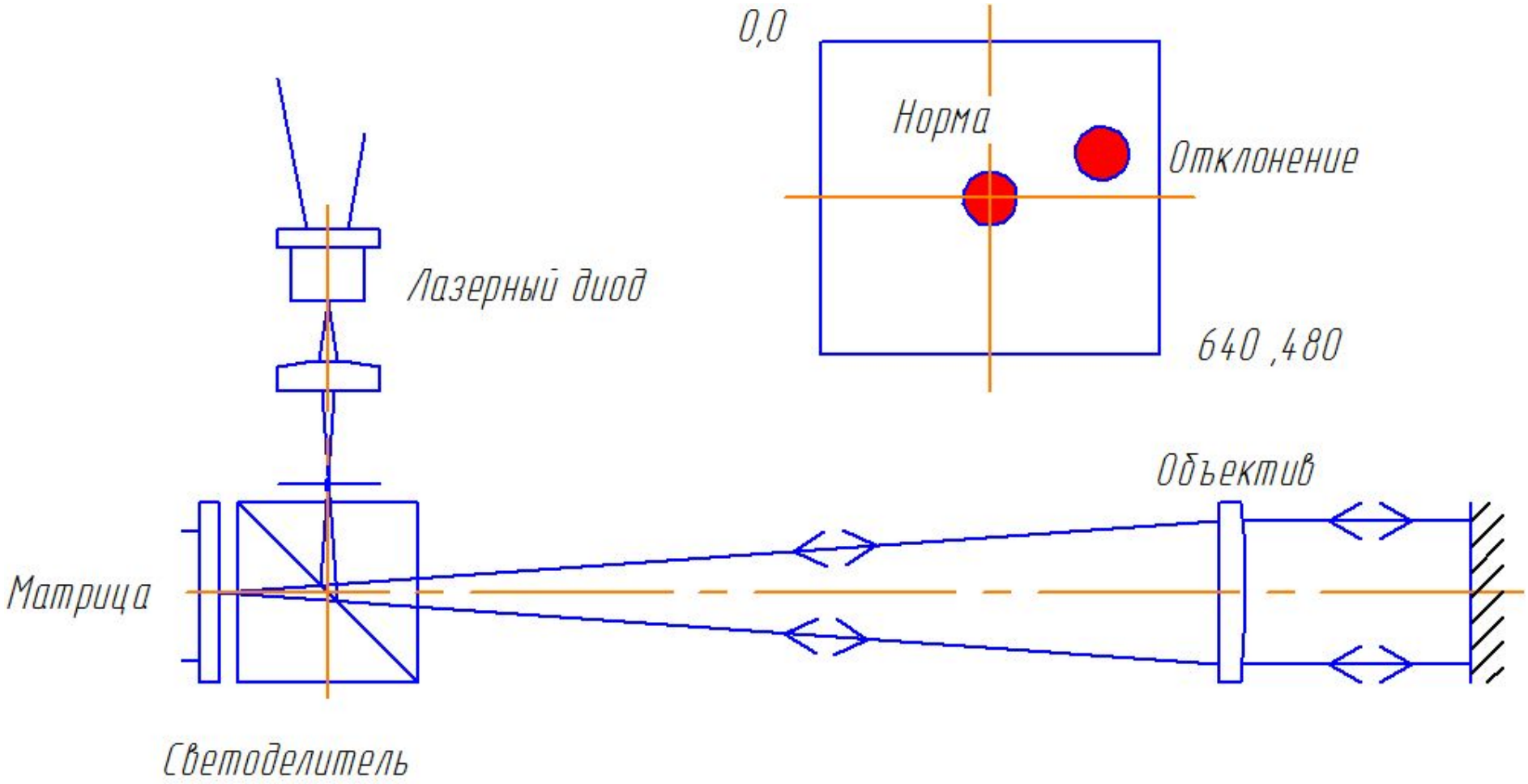
- Окуляр с пластиной или куб-призмой: малое количество света
- Окуляр Аббе (с дополнительной призмой): хорошая освещенность, но закрыта часть поля зрения, трудность юстировки
- Окуляр Захарьевского: сложность изготовления и юстировки
- Наиболее часто применяется система с куб-призмой, т.к. проста.

Автоколлимационные окуляры

- Фокусное расстояние – 10-15 мм
- Угол поля зрения 30 градусов
- Источники ошибок в измерении углов:

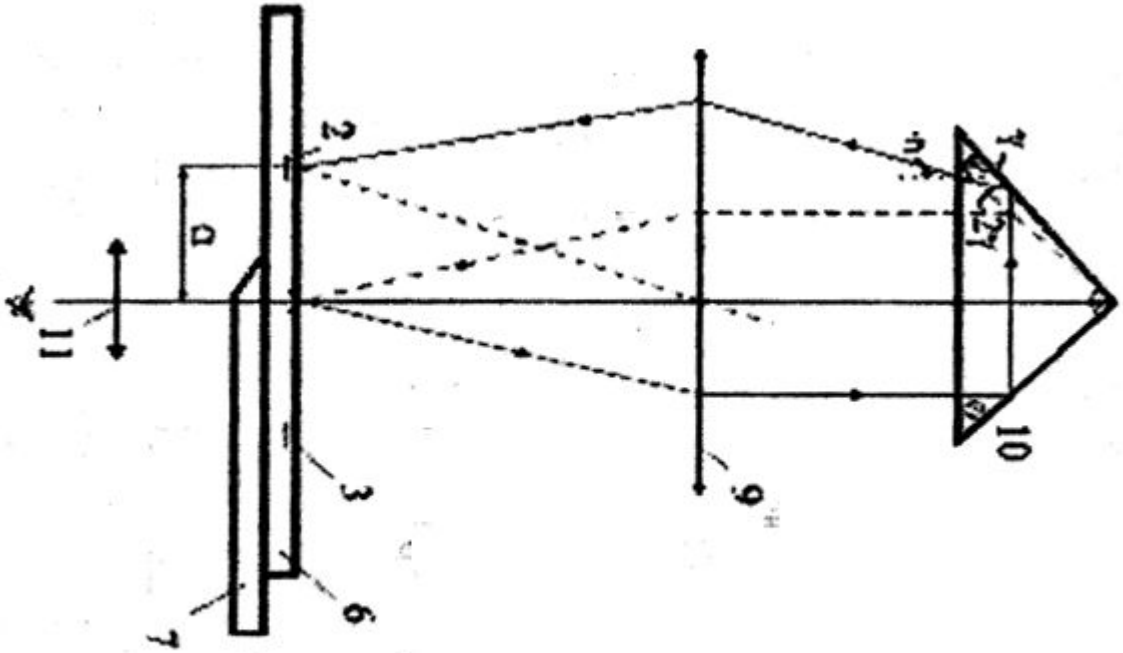
- отклонение фокусного расстояния объектива от заданного;
- несовмещение нуля сетки коллиматора и сетки окуляра.

Вариант с видеокамерой



Пример применения автоколлимационной зрительной трубы

- Контроль углов призм



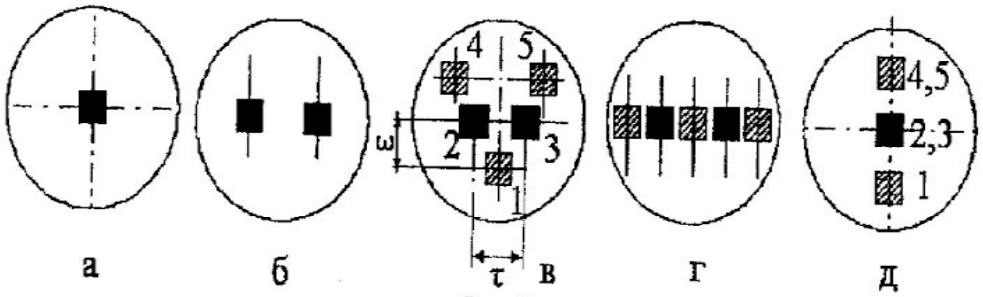
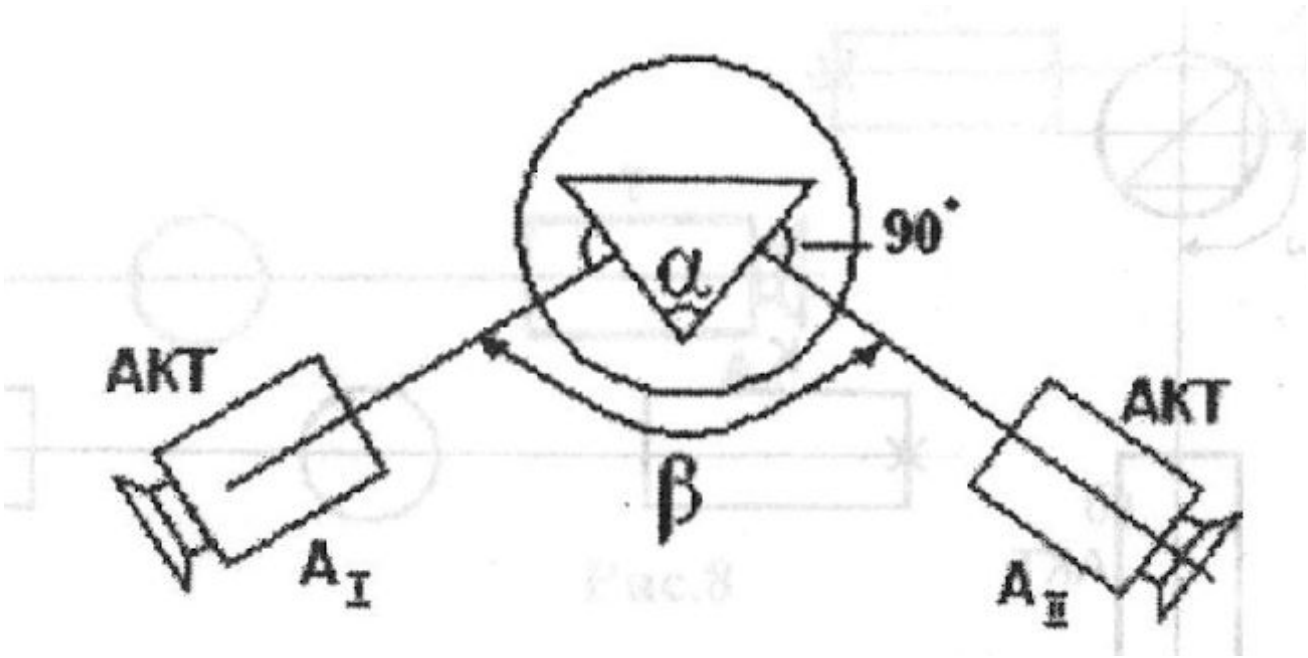


Рис.4

Пример применения автоколлимационной зрительной трубы

- Контроль углов призм
- Наведение на две разные грани призмы



Пример применения автоколлимационной зрительной трубы

- Контроль настройки коллиматора на бесконечность
- Перед коллиматором ставят зеркало
- Вместо тест-объекта ставят автоколлимационный окуляр
- Настраивают четкое изображение сетки

Пример применения автоколлимационной зрительной трубы

Автоколлиматор «АКУ-1» применяется для работ, требующих точных измерений малых угловых величин:

-непрямолинейности горизонтальных и вертикальных направляющих;

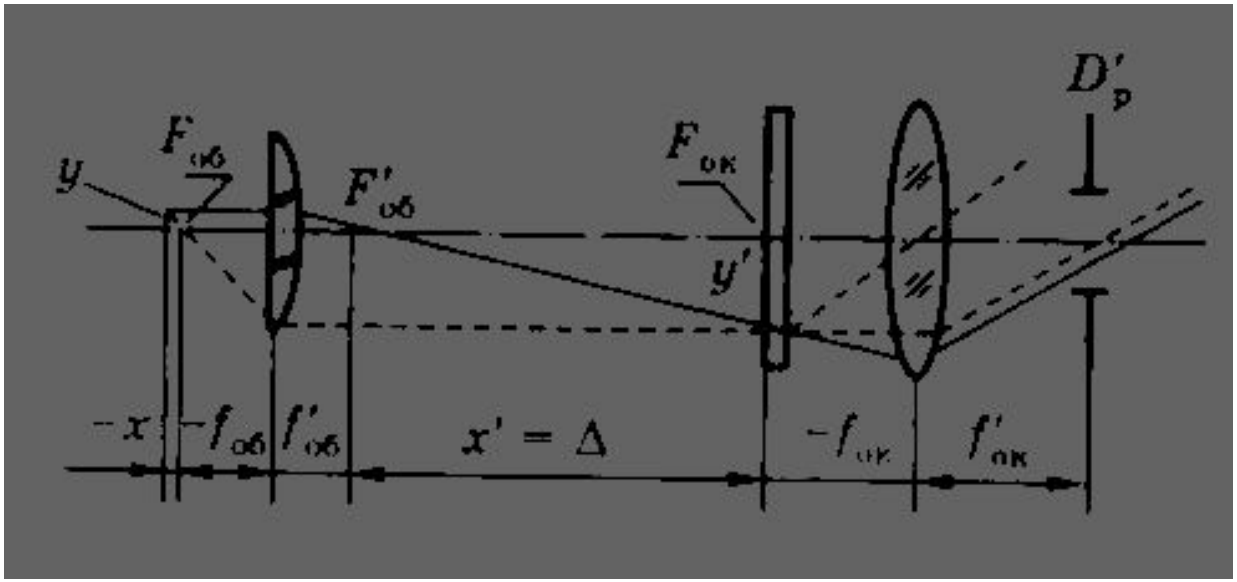
- отклонений от плоскостности;

- взаимного углового расположения осей и плоскостей изделий в пространстве.

Пример применения автоколлимационной зрительной трубы

Характеристики	Значения				
Модель	АКУ-0.2	АКУ-0.5	АКУ-1	АКТ-15	АКТ-60
Цена деления, ..."	0.2	0.5	1	15	60
Диапазон измерений, ..."	10	20	40	25	60
Погрешность при однокоординатных измерениях, ..."	1.5	3.0	5.0	10	45
Погрешность при двухкоординатных измерениях, ..."	3.0	6.0	10.0	15	60
Увеличение	x58	x29	x14.5	x23	x5.6
Габаритные размеры, мм	535x130x145	430x130x145	300x130x145	450x70x130	240x120x38
Масса, кг	4.6	3.8	2.2	3.6	0.58

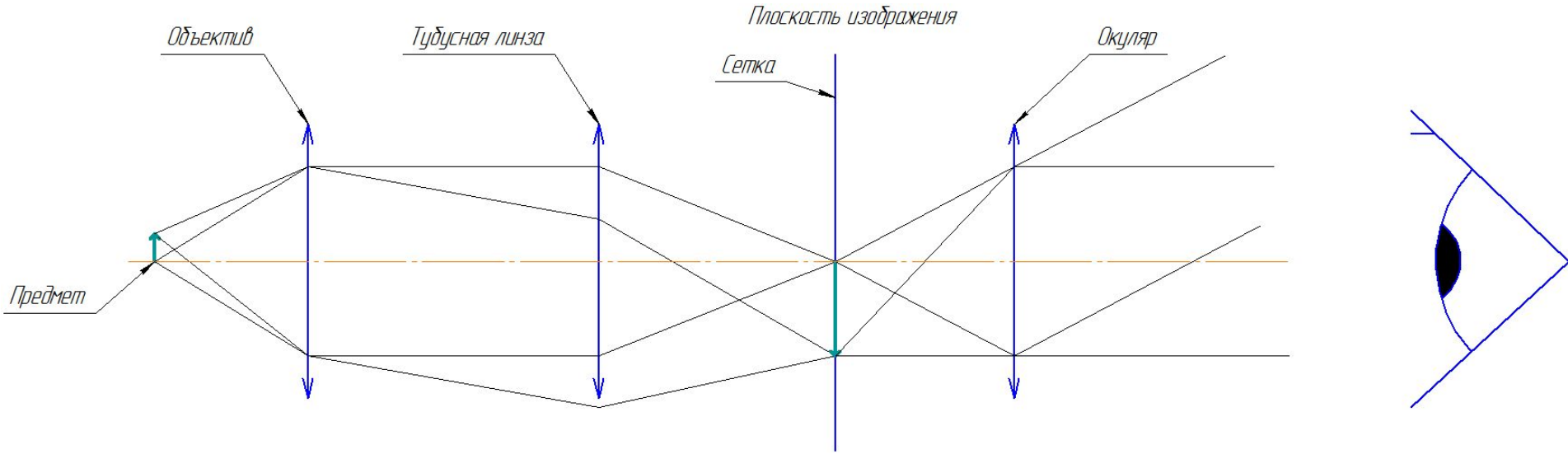
Измерительный микроскоп



$$\Gamma_м = \frac{250}{f'_м} = V_{об} \cdot \Gamma_{ок}.$$

$$\Gamma_{об} = -\frac{\Delta}{f'_{об}} \qquad \Gamma_{ок} = \frac{250}{f'_{ок}} \qquad \Gamma_м = -\frac{\Delta}{f'_{об}} * \frac{250}{f'_{ок}}$$

Объектив на бесконечность



$$\overline{\Gamma}_{\infty} = -\frac{250\, f'_{тл}}{f'_{об} \cdot f'_{ок}}$$

Γ_{∞} – видимое увеличение микроскопа с тубусной линзой

$f_{тл}'$ – заднее фокусное расстояние тубусной линзы

$f'_{об}$ – заднее фокусное расстояние объектива

$f'_{ок}$ – переднее фокусное расстояние окуляра

Оптическая длина тубуса

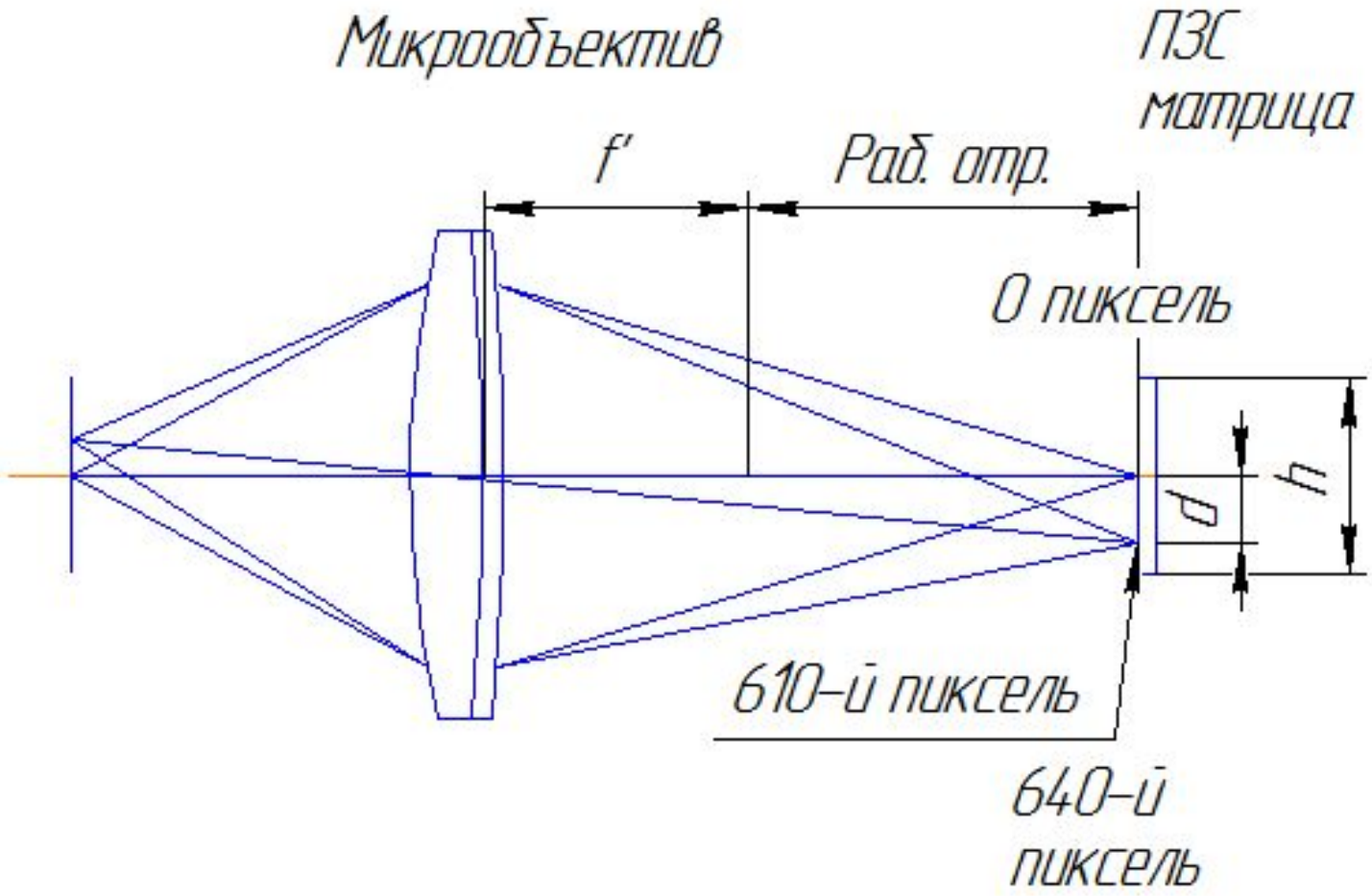
Расстояние от заднего фокуса объектива до плоскости изображения

Стандартные:

- 160 мм
- Бесконечность

- В измерительных микроскопах часто применяются нестандартные длины тубуса (и невзаимозаменяемые объективы, бывает, что объектив всего один)

Вариант с видеокамерой



- Увеличение $1000A \geq \Gamma_M \geq 250A,$ A – апертура (0,2 для 8х)
- Линейное поле зрения $2y = \frac{D_П}{V_{ОБ}}.$ Dп – размер полевой диафрагмы окуляра, Vоб – увеличение объектива

(чаще всего 8-20 мм)

Глубина резкости $T \cong \frac{\lambda}{2A_2}.$

Измерительный микроскоп

- Могут быть визирными (для точного наведения на точку) и отсчетными (для измерения размеров или точного отсчета по шкалам)
- Очень далеко до дифракционного предела
- Источник ошибок – отклонение увеличения от заданного из-за изменения рабочего отрезка, искажения изображения

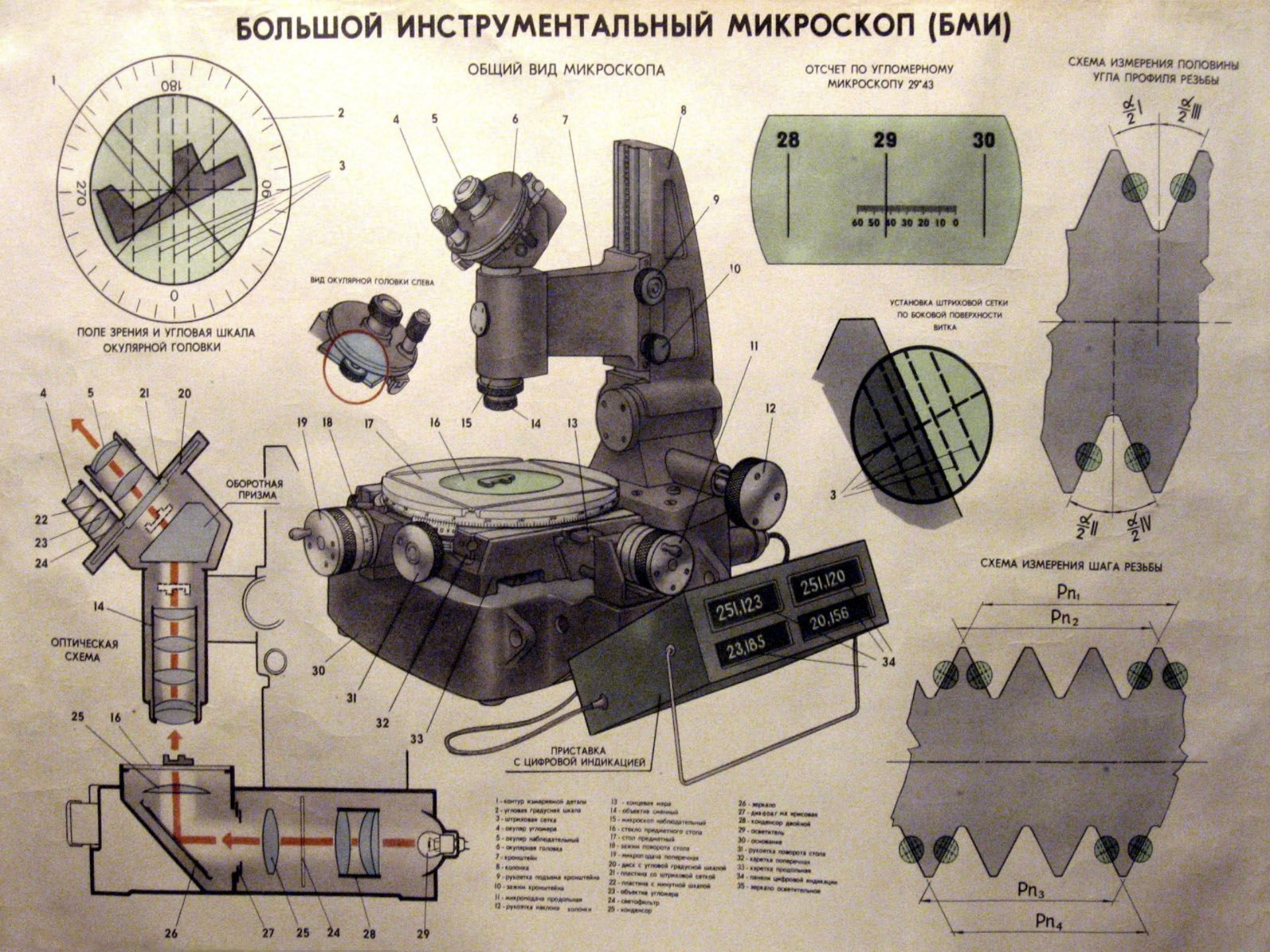
Измерительный микроскоп

- Используется для поперечного наведения (важно увеличение и поле зрения)
- Типично увеличение 3х – 10х
- Используется для продольного наведения (важна малая глубина резкости)
- Глубина резкости около 0,05 мм при 8х

Пример измерительного микроскопа

- БМИ – большой инструментальных микроскоп
- Применяется для измерения размеров
- Микроскоп служит для наведения на измеряемые точки

БОЛЬШОЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ МИКРОСКОП (БМИ)



- Оптический компаратор Применяется для сравнения детали с образцом Не нужно смотреть в окуляр.

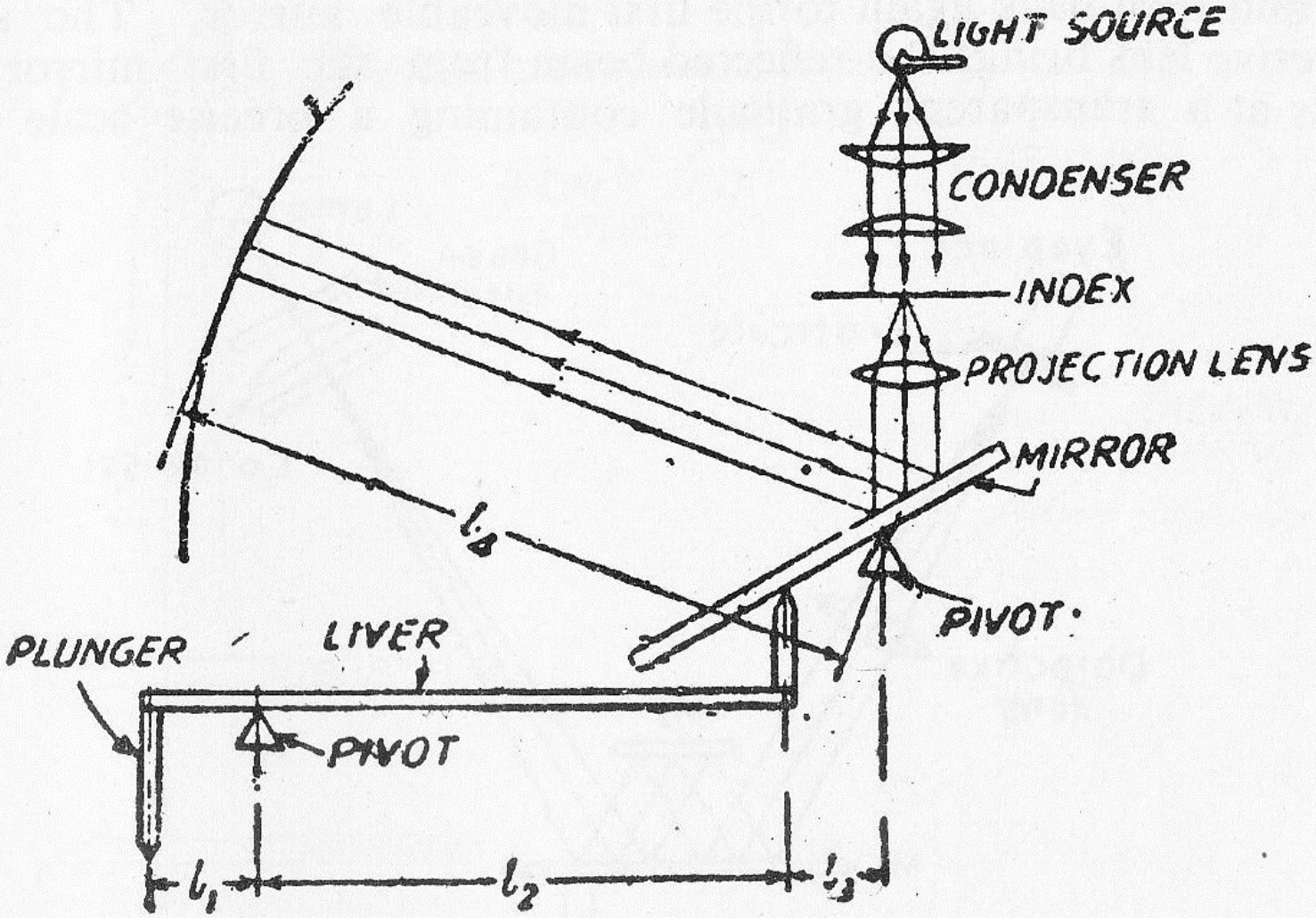
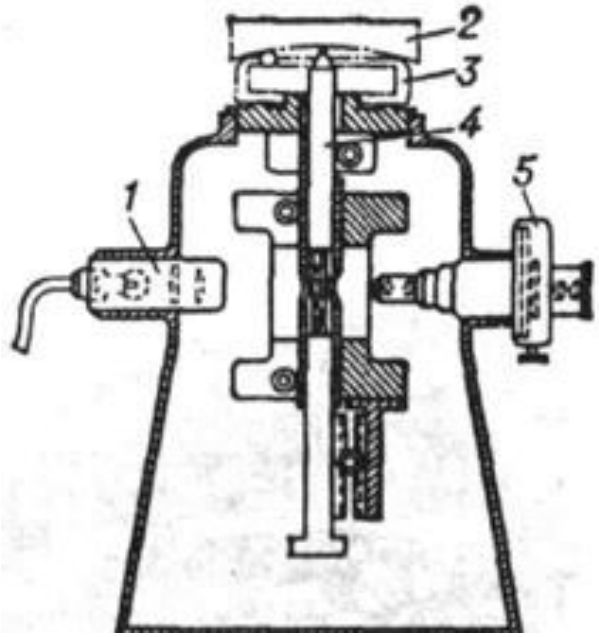
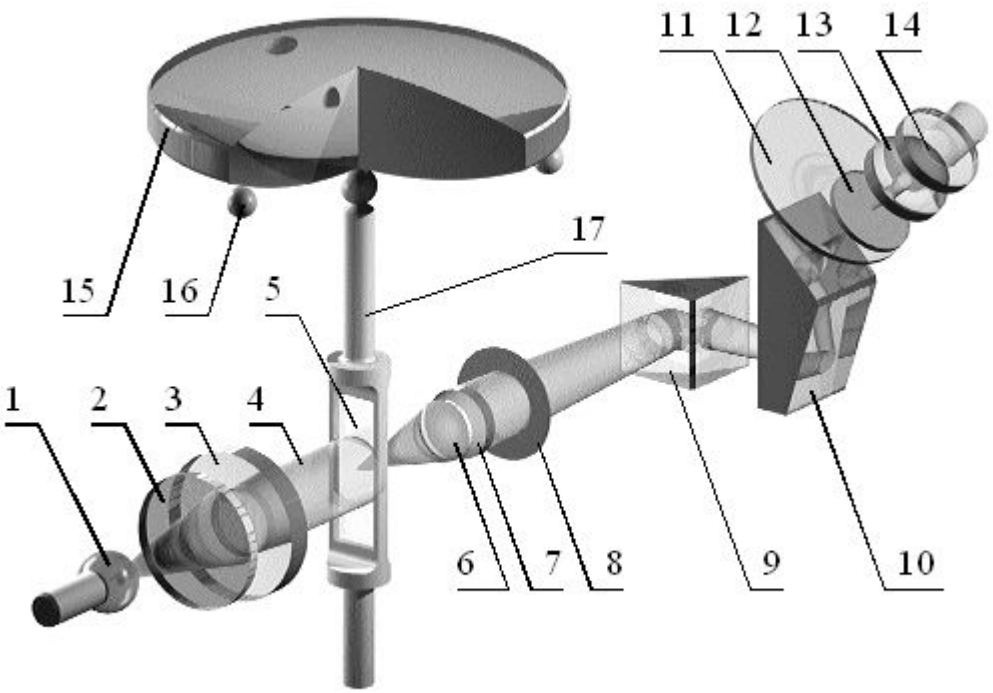


Fig. 5·14. Principle of Optical Comparator.

Применение микроскопа для отсчета шкалы

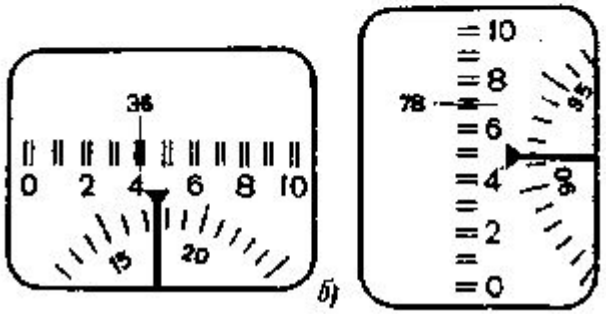
- Сферометр





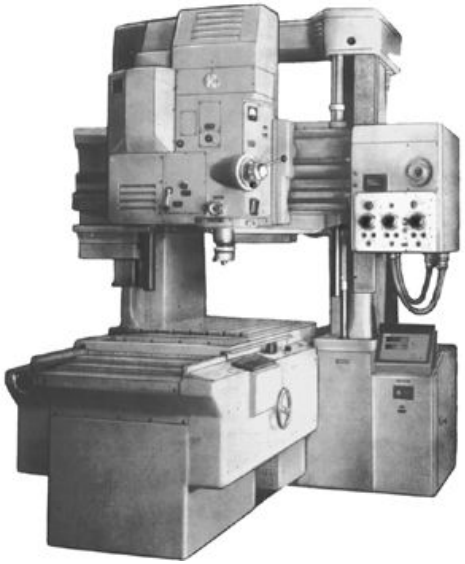
Применение микроскопа для отсчета шкалы

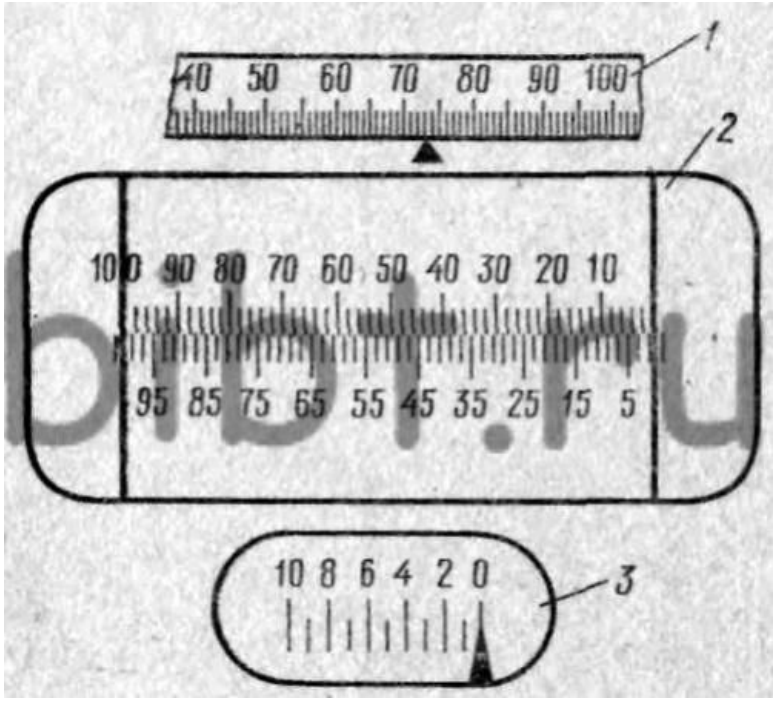
- Микроскоп УИМ-23
- Два типа: для наведения и для отсчета

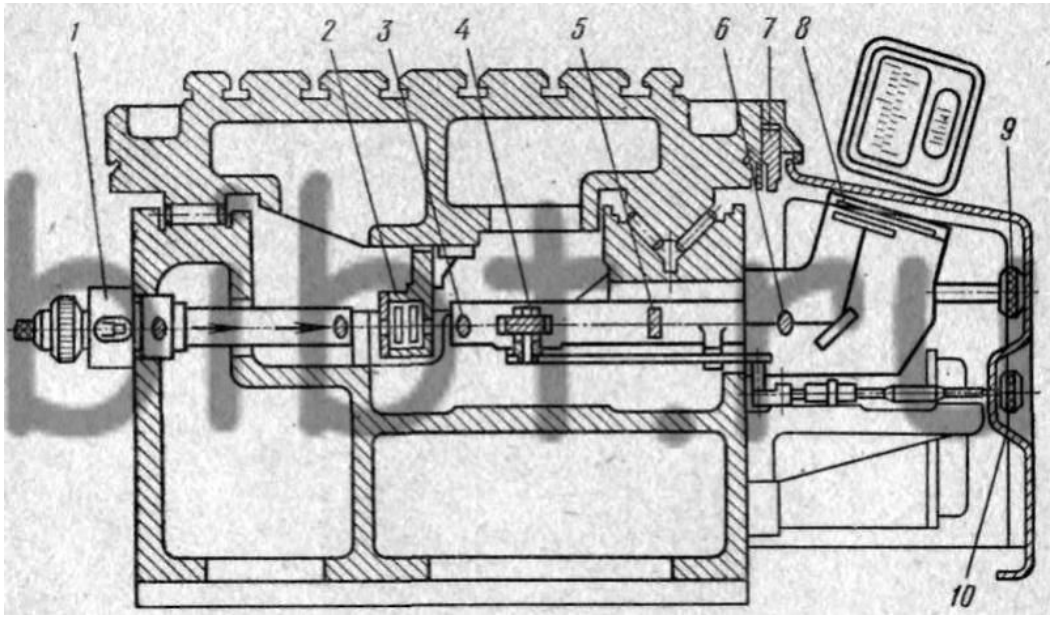


Применение микроскопа для отсчета шкалы

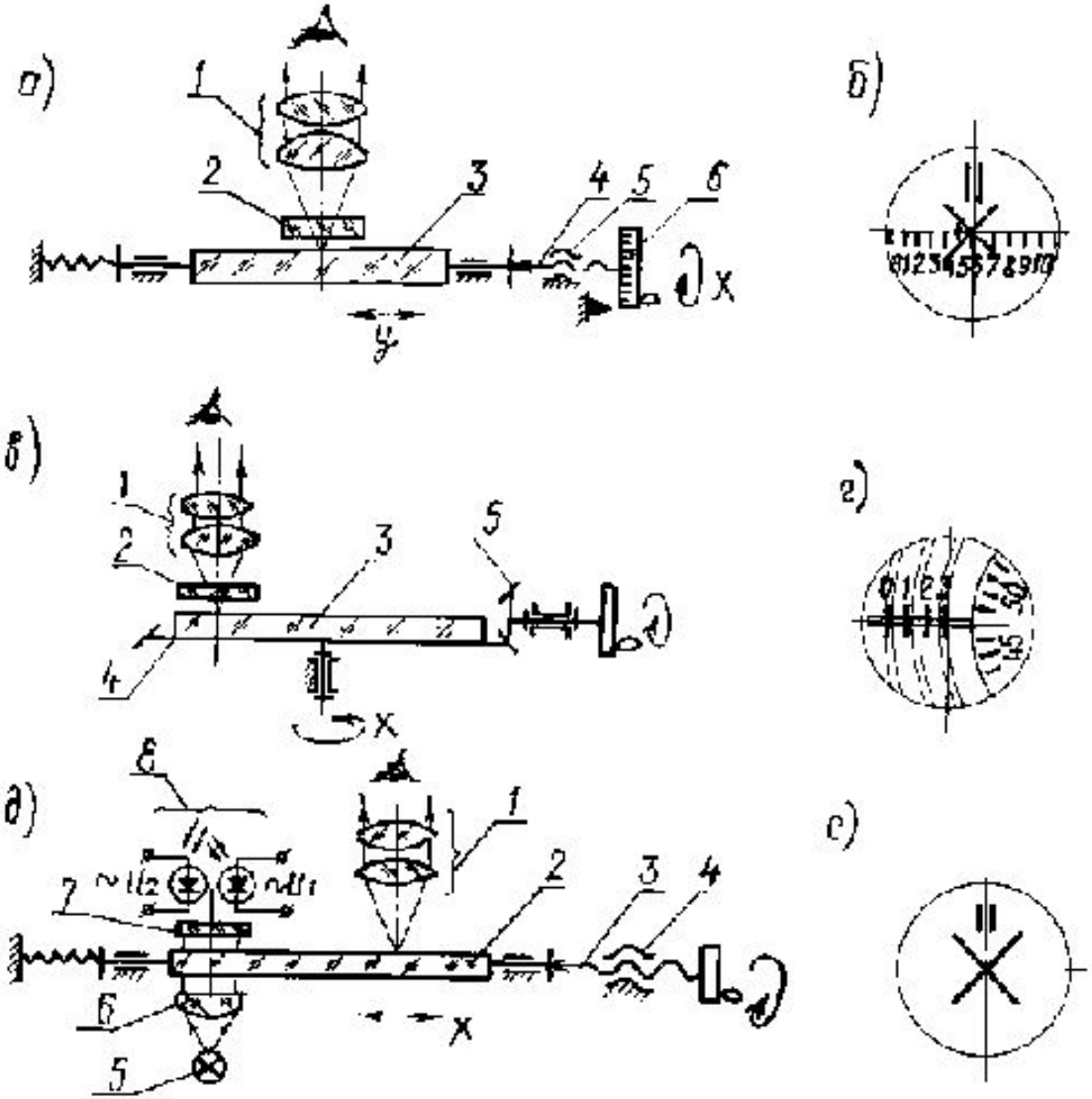
- Координатно-расточный станок
- 1- шкала мм, 2 – шкала 0,01 мм,
- 3 – шкала мкм



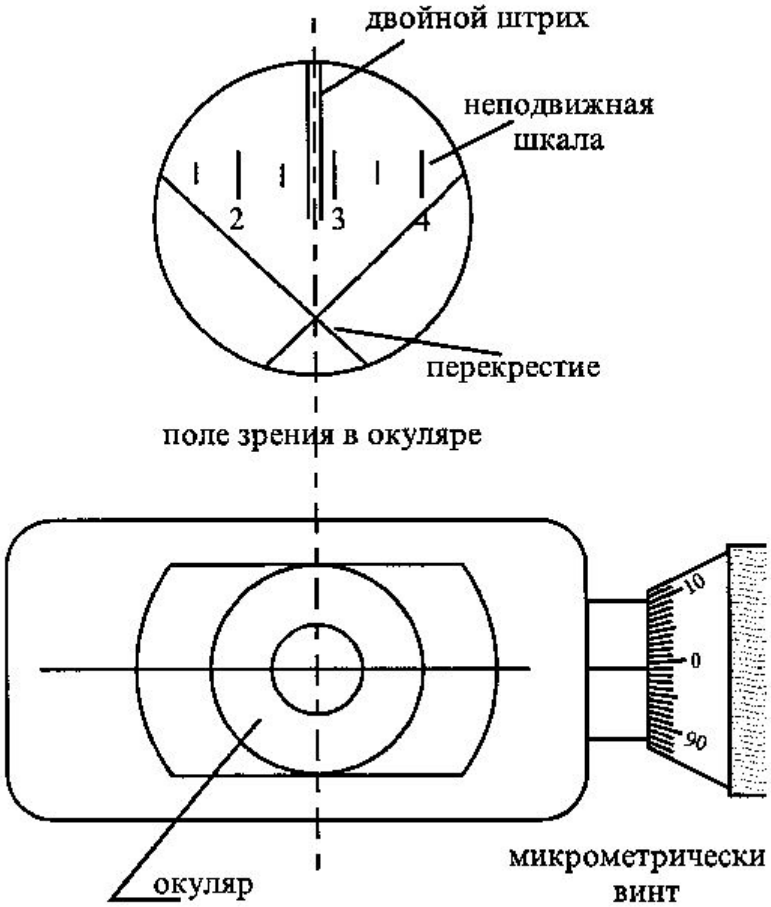




Окулярный микрометр

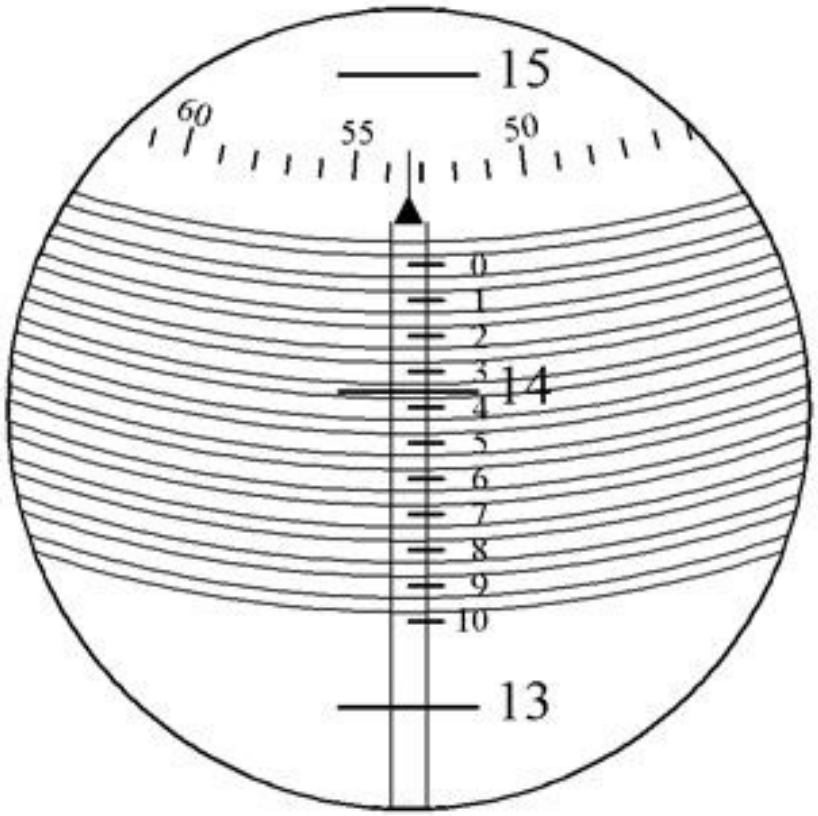


- Окуляр-микрометр с микрометрическим винтом



- Окуляр-микрометр с микрометрическим винтом
- Источник погрешности – неравномерность шага винта, износ винта, заедания передаточного механизма
- Обычно имеют цену деления 0,01 мм и поле зрения 5-6 мм, редко 10-15 мм
- Широко применяются как сменный окуляр к зрительным трубам и микроскопам, используется для измерения размеров в плоскости сетки

- Спиральный микрометр с делением спиралью



- Спиральный микрометр с делением спиралью
- Источник погрешности – погрешность выполнения рисунка спирали и шкалы на сетке, отличие увеличения от заданного
- Обычно имеют цену деления 1-2 мкм и поле зрения 1-1,5 мм
- Применяются в составе других приборов только для отсчета по шкалам (важно, чтобы на 10 делениях сетки помещался ровно 1 мм шкалы)