

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
Институт новых материалов и технологий
Кафедра «Технологии стекла»

Отчет

«Изучение литературы по типам объективов»

Преподаватель

Южакова.А.А

Студенты гр. НМТМ-121204

Захарова.У.А

Екатеринбург 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Применение.....	3
Типы объективов по конструкции (оптической схеме).....	3
По виду применяемой оптической (абберационной) коррекции.....	4
По диапазону значений фокусного расстояния.....	4
По углу поля зрения (фокусному расстоянию).....	4
ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТИВОВ.....	6
ОПТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ОБЪЕКТИВОВ.....	20
ПРИЛОЖЕНИЯ А.....	22

ВВЕДЕНИЕ

Объектив — оптическое устройство, предназначенное для создания действительного оптического изображения. В оптике рассматривается как равнозначное собирающей линзе, хотя может иметь иной вид, например см. «Камера-обскура». Обычно объектив состоит из набора линз (в некоторых объективах — из зеркал), рассчитанных для взаимной компенсации аберраций и собранных в единую систему внутри оправы.

Применение

- Объективы применяются в фотоаппаратах, кинокамерах и видеокамерах, фотоувеличителях, микроскопах, телескопах, различных наблюдательных и измерительных приборах.

- В наблюдательных оптических приборах (дальномер, бинокль, микроскоп) объективом называется (порой весьма условно) первый компонент прибора, создающий изображение, рассматриваемое через окуляр. В этом случае объектив может представлять собой и рассеивающую линзу (так построены видоискатели многих дальномерных и шкальных фотоаппаратов), а образуемое им изображение может быть мнимым.

- В зависимости от назначения и устройства, в конструкцию объектива могут входить вспомогательные элементы: диафрагма, для управления количеством проходящего света, система фокусировки, фотографический затвор, внутренние и встроенные бленды.

Типы объективов по конструкции (оптической схеме)

- Создание объективов, свободных от искажений, длительное время было скорее искусством, чем наукой. Особенно удачные схемы расположения линз остались в истории техники под собственными именами:

- Монокль — простейший объектив, состоящий из одной собирающей линзы.
- Перископ — симметричный объектив, состоящий из двух собирающих линз.
- Триплет — простейший вариант анастигмата, состоящий из трёх не склеенных линз, двух собирающих и одной рассеивающей между ними.

- Ретрофокусный объектив — класс объективов, отличающихся тем, что расстояние от задней оптической поверхности до фокальной плоскости больше фокусного расстояния, что позволяет спроектировать короткофокусный объектив с удлиненным задним отрезком. Получил популярность в связи с распространением однообъективных зеркальных камер.

- Телеобъектив — класс объективов (как правило, длиннофокусных), у которых расстояние от передней оптической поверхности до задней фокальной плоскости меньше фокусного расстояния.

- Зеркально-линзовый объектив — класс объективов, которые кроме линз содержат зеркала. Как правило, по такой схеме делают длиннофокусные объективы для уменьшения

их габаритных размеров. Заявлен зеркально-линзовый объектив с многократным отражением света «Origami» для сверхкомпактного оборудования.

Зеркальный объектив содержит в конструкции только зеркала. Зеркала не обладают дисперсией, поэтому такие оптические схемы встречаются во многих технических сферах, например, в нанолитографии.

По виду применяемой оптической (абберационной) коррекции

- Ахромат — объектив с минимальной хроматической абберацией.
- Апланат — симметричный объектив, состоящий из двух ахроматических линз.
- Анастигмат — объектив, у которого значительно уменьшен астигматизм и все остальные абберации. Практически все современные фотографические, киносъемочные и телевизионные объективы — анастигматы.

- Апохромат — анастигмат, у которого лучше устранена хроматическая абберация.
- Планахромат
- Планапохромат
- Стигмахроматы
- Микрофлюары

По диапазону значений фокусного расстояния

- Фикс — любой объектив с фиксированным фокусным расстоянием, жаргонное слово, сокращение, используемое для противопоставления вариообъективам. В кинематографическом обиходе такие объективы называются дискретными.

- Вариообъектив — объектив с переменным фокусным расстоянием (трансфокатор, «зум»).

По углу поля зрения (фокусному расстоянию)

- Широко применяется классификация фотографических объективов по углу поля зрения или по фокусному расстоянию, отнесённому к размерам кадра. Эта характеристика во многом определяет сферу применения объектива:

- Нормальный объектив — объектив, у которого фокусное расстояние примерно равно диагонали кадра. Для 35-мм плёнки нормальным считается объектив с фокусным расстоянием 50 мм, хотя диагональ такого кадра равна 43 мм. Угол поля зрения нормального объектива от 40° до 51° включительно (часто около 45°). Считается, что восприятие перспективы снимка, сделанного нормальным объективом, наиболее близко к нормальному восприятию перспективы окружающего мира человеком.

- Широкоугольный объектив (син. короткофокусный объектив) — объектив, с углом поля зрения от 52° до 82° включительно, фокусное расстояние которого меньше

широкой стороны кадра. Часто используется для съёмки в ограниченном пространстве, например интерьеров.

- Сверхширокоугольный объектив — объектив, у которого угол поля зрения 83° и более, а фокусное расстояние меньше малой стороны кадра. Сверхширокоугольные объективы обладают преувеличенной передачей перспективы и часто используются для придания изображению дополнительной выразительности.

- Портретный объектив — если данный термин применяется к диапазону фокусных расстояний, то обычно подразумевается диапазон от диагонали кадра до трёхкратного её значения. Для 35-мм плёнки портретным считается объектив с фокусным расстоянием 50—130 мм и углом поля зрения $18\text{—}45^\circ$. Понятие портретного объектива условно и относится кроме фокусного расстояния к светосиле и характеру оптического рисунка в целом.

- Длиннофокусный объектив (часто и некорректно именуемый телеобъективом) — объектив, у которого фокусное расстояние значительно превышает диагональ кадра. Имеет угол поля зрения от 10° до 39° включительно, и предназначен для съёмки удаленных предметов.

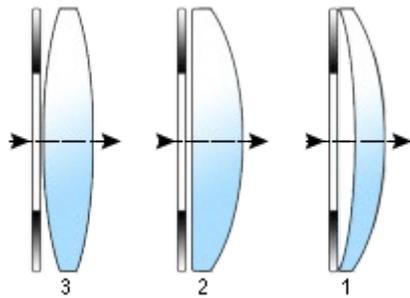
- Сверхдлиннофокусный объектив — объектив, угол поля зрения которого 9° и менее.

В настоящее время массовое применение получил современный тип объективов с **переменным фокусным расстоянием**, называемый вариообъектив.

ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТИВОВ

- Монокль – простейший объектив, состоящий из одиночной положительной линзы.

- Классическим является объектив монокль, предложенный Уильямом Уолластоном, в начале XIX века, в качестве объектива для камеры-обскуры. Представляет собой вогнуто-выпуклый мениск, обращённый вогнутостью наружу (к предмету) с апертурной диафрагмой, расположенной перед линзой.



- Рисунок 1 – Виды моноклей (вогнуто-выпуклая (1), выпуклая (2) или двояковыпуклая (3) линза)

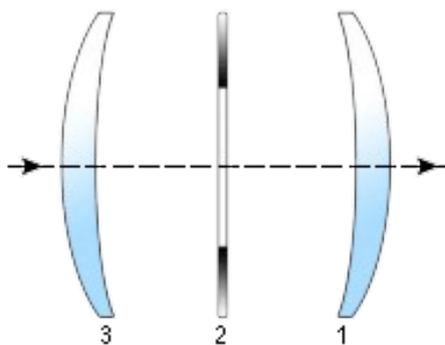
- Характеристика

- Такая компоновка позволяет до некоторой степени исправить астигматизм и несколько уменьшить кривизну поля изображения (за счёт отрицательного астигматизма передней (вогнутой) поверхности), а также полностью устранить кому (за счёт положения диафрагмы).

- Неисправленными остаются сферическая абберация, дисторсия и хроматические абберации. Причём, если сферическую абберацию можно уменьшить диафрагмированием, то хроматические абберации и дисторсия для монокля неустранимы, хотя и по разным причинам.

- Объектив такого типа обладает невысокой светосилой (не более $f/8$) и небольшим угловым полем в 25° , то есть кроет кадр с диагональю не более половины фокусного расстояния.

- **Перискóп** — тип фотографического объектива, состоящего из двух одинаковых положительных менисков с апертурной диафрагмой между ними.



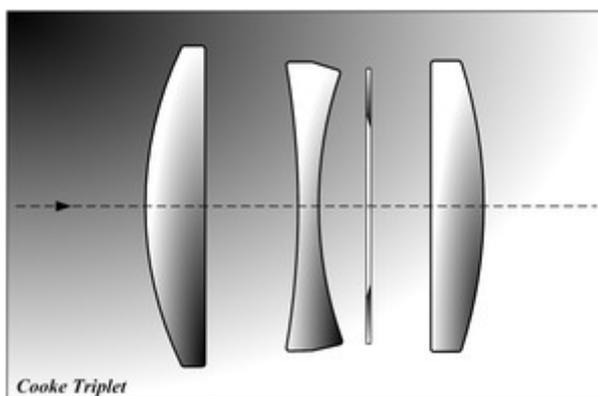
-
- Рисунок 2 – Оптическая схема перископа

- **Характеристики**

- Создан Хуго Штайнхайлем и запатентован в 1865 году. За три года до этого американцы Харрисон и Шнитцер по тому же принципу собрали первый практически пригодный широкоугольник «Глобус», составленный из двух склеенных ахроматов.

- У перископа устранены дисторсия и кома, в то время как астигматизм, сферическая aberrация, кривизна поля, а также хроматические aberrации не устранены. Более всего на фильмоскопах с данным типом объектива заметна кривизна поля, которая усиливается сферической aberrацией. Впрочем, при правильной настройке и юстировке больших проблем это не доставляет.

- **Триплét Кúка, триплét Тейлора, объектив Кúка**, в старых источниках **кúковская лúнза** — несимметричный объектив, состоящий из трёх линз, разделённых воздушными промежутками. Разновидность несклеенного триплета, рассчитанная и запатентованная в 1894 году Гарольдом Тейлором для английской оптической компании «Тэйлор-Гобсон».



-
- Рисунок 3 – Оптическая схема триплета Кука

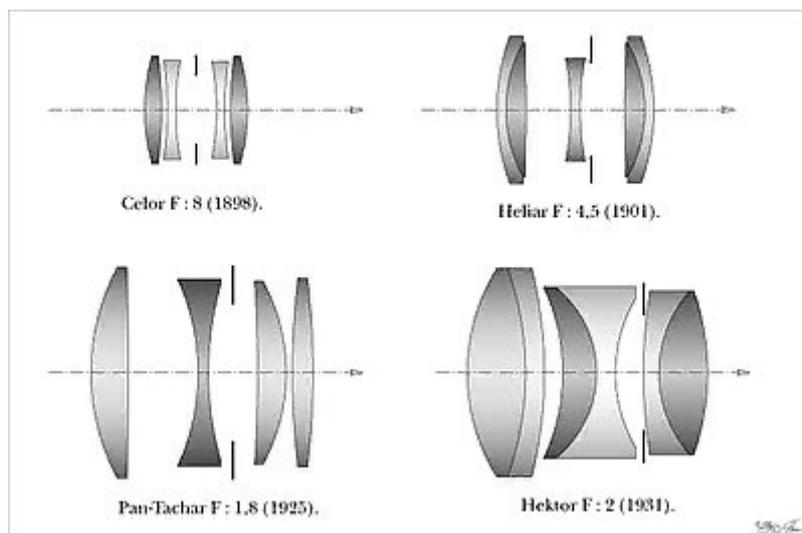


Рисунок 4 – Разновидности триплета

- **Характеристики**

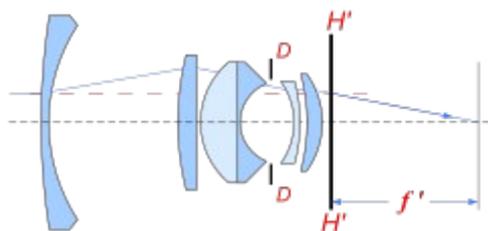
- В Триплете Кука исправлен астигматизм и кривизна поля изображения, давая на плоском светоприёмнике равномерную резкость в пределах углового поля до 60° при светосиле $f/3,5$.

- Он состоит из трёх линз, средняя из которых рассеивающая, а передняя и задняя — собирающие. Апертурная диафрагма расположена, как правило, между второй и третьей линзами.

- Идея Тейлора заключалась в модернизации хорошо известного двухлинзового дублета, состоящего из положительной и отрицательной линз. В общем случае их оптические силы приблизительно равны, и из-за противоположных знаков взаимно компенсируются^[6]. Однако, за счёт воздушного промежутка между линзами (воздушной линзы) суммарная оптическая сила не равна нулю, а положительна. Причём из-за равенства сил и показателей преломления стёкол равна нулю четвёртая сумма Зейделя—Петцваля, определяющая кривизну поля. Если в таком объективе разделить собирающую линзу и поместить её «половинки» по разные стороны рассеивающей, значение четвёртой суммы не изменится, но появится возможность исправлять aberrации широких наклонных пучков: кому, астигматизм и дисторсию.

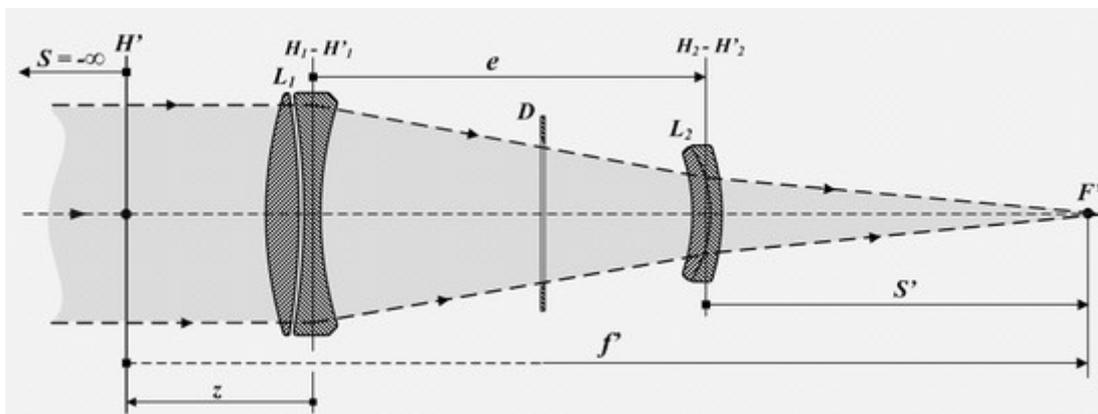
- Хроматические aberrации триплета исправляются, как обычно, за счёт применения неодинаковых по дисперсии оптических стёкол.

- **Ретрофокусный объектив** (в советских источниках **реверсивный объектив**) — объектив, расстояние между задней оптической поверхностью которого и фокальной плоскостью больше, чем его фокусное расстояние. Эта конструктивная особенность позволяет создавать короткофокусные объективы с удлинённым задним отрезком^[2]. При этом используется принцип «перевернутого» телескопа Галилея: рассеивающая группа линз располагается перед собирающей. Такая конструкция может быть также представлена, как «перевернутый телеобъектив»^[3].



- Рисунок 5 – Оптическая схема ретрофокусного объектива

- **Телеобъектив** — разновидность длиннофокусного объектива, оптическая конструкция которого позволяет сделать оправу и весь объектив короче, чем его фокусное расстояние.



- Рисунок 6 – Схема телеобъектива двухкомпонентной линзовой системы. H' — главная задняя плоскость; D — плоскость диафрагмы; f' — заднее фокусное расстояние

- **Характеристика**

- Телеобъективы бывают линзовыми двухкомпонентными и зеркально-линзовыми. Линзовая система строится по принципу телескопа Галилея и состоит из двух элементов, разделённых воздушным промежутком: **телепозитива**, представляющего собой собирающую систему линз, и **теленегатива**, являющегося рассеивающей системой линз. Телепозитив формирует действительное изображение объекта съёмки, а теленегатив его увеличивает. Благодаря такому устройству задняя главная плоскость может быть вынесена

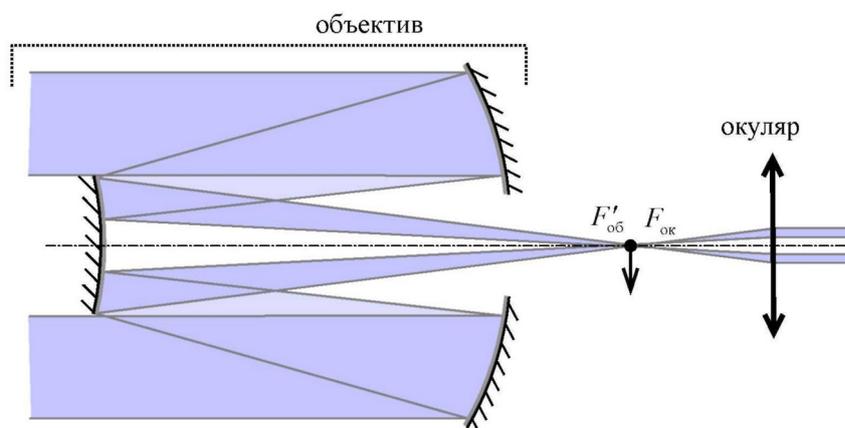
далеко вперед относительно оправы, и общая длина объектива оказывается меньше его фокусного расстояния^[1].

- Отношение расстояния от передней поверхности телеобъектива до фокальной плоскости к фокусному расстоянию называется **телеувеличением**^[3]. Этот параметр в большинстве линзовых телеобъективов находится в пределах 0,6—1,0, определяя габариты оправы. Иногда используется обратное понятие **телеукорочения**, определяемое как отношение фокусного расстояния к сумме длины оправы и заднего отрезка^[4]. Зеркально-линзовые телеобъективы ещё компактнее, чем линзовые, потому что свет дважды меняет в них направление за счёт использования двух зеркал сферической формы. Телеувеличение таких объективов может быть меньше 0,5.

- Недостатком телеобъективов считается необходимость применения дополнительных линз, ненужных в обычной длиннофокусной оптике. Это увеличивает количество оптических поверхностей, снижая контраст и качество изображения.

- Зеркально-линзовый объектив — класс объективов, которые, кроме линз, содержат зеркала. По такой схеме делают длиннофокусные, и сверхдлиннофокусные объективы для уменьшения их габаритных размеров.

- Зеркальные телескопические системы образуют изображение путем отражения света от зеркальной поверхности сферической или параболической формы. Наибольшее распространение получила двухзеркальная схема Кассегрена (рис. 5.5). После отражения на главном зеркале пучок лучей попадает на вспомогательное зеркало, которое направляет его обратно - через отверстие в главном зеркале. Фокальная плоскость в этой системе располагается за оправой главного зеркала.



- Рисунок 7 – Схема Кассегрена

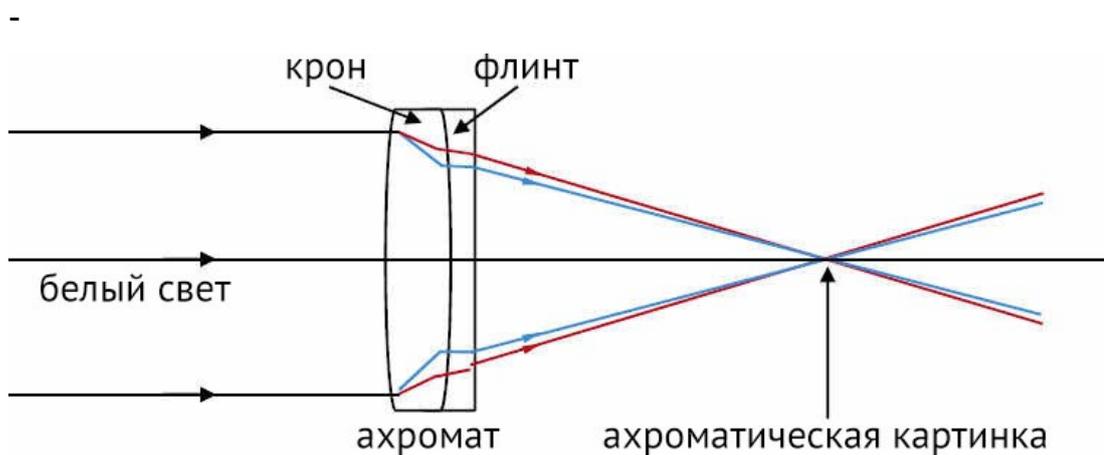
- **Характеристика**

- В фокальной плоскости зеркала могут быть помещены фотопластины для фотографирования небесных объектов или любая другая светоприемная аппаратура: спектрографы, фотометры и так далее. Изображение либо получается непосредственно на фотографической пластинке, либо исследуется визуально через окуляр.

- Эта система широко применяется в телескопах, установлена она и в Большом Телескопе Азимутальном (БТА). БТА - самый большой оптический телескоп в мире (находится на Северном Кавказе) с главным зеркалом диаметром 6 метров (его вес 650 тонн).

- **Зеркальный объектив** содержит в конструкции только зеркала. Зеркала не обладают дисперсией, поэтому такие оптические схемы встречаются в астрономии, и во многих технических сферах, например, в нанолитографии^[4].

- **Ахромат** — объектив, в котором исправлена хроматическая аберрация для лучей света двух различных длин волн и частично — сферическая аберрация^[1]. Оптические системы с коррекцией по трём и более цветам (длинам волн) называются апохроматами.



- Рисунок 8 – Схема Ахромата

- **Характеристика**

- В простейшем случае представляет собой дублет, склеенный из двух линз, одна из которых положительная, а другая — отрицательная. В таких случаях используют линзы, изготовленные из оптических стёкол с различной дисперсией. Склеивание линз само по себе никак не влияет на ахроматические свойства, однако позволяет уменьшить отражение света

от поверхностей линз, снизить требования к точности изготовления склеиваемых поверхностей и облегчить последующий монтаж. Линзы относительно больших размеров (с диаметром более 10 см), как правило, не склеивают, так как из-за различия температурных коэффициентов расширения положительной и отрицательной линз, при увеличении их размеров возрастает вероятность нарушения целостности склейки, происходящего при изменении температуры окружающей среды.

- **Апланат** — объектив, в котором исправлены сферическая и хроматическая aberrации, кома и дисторсия, а астигматизм исправлен для сравнительно небольшого углового поля. Апланат состоит из двух ахроматических линз, между которыми расположена диафрагма.



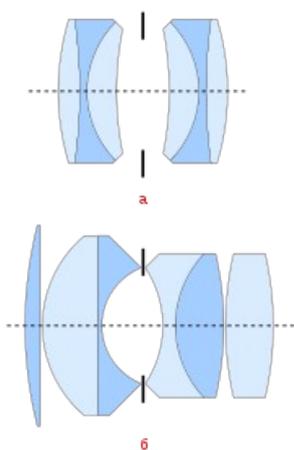
-
- Рисунок 9 – Схема Апланта

- **Характеристика**

- Астигматизм апланатов зависит от расстояния между компонентами (иногда превышающего половину фокусного), и, часто, имеет небольшую отрицательную величину. Такое решение позволяет незначительно исправить «среднюю» кривизну поверхности изображения. Однако, убывание резкости по полю изображения остаётся столь интенсивным, что угловое поле апланатов не превышает 25—30°. По этой же причине светосила апланатов, как правило, невелика и ограничивалась $f/8$ (хотя, может достигать и $f/3,0$).

- Резюмируя, можно сказать, что в пределах некоторого поля изображения, апланат свободен от четырёх из пяти монохроматических aberrаций Зейделя (сферической aberrации, комы, астигматизма и дисторсии). И от двух хроматических aberrаций (продольного хроматизма и хроматизма увеличения).

- **Анастигмат** — объектив, в котором исправлены практически все aberrации, в том числе астигматизм и кривизна поля изображения. Анастигматами могут считаться объективы любых конструкций и типов, удовлетворяющие этим условиям. Большинство анастигматов дают хорошее качество изображения по всему полю при больших значениях относительного отверстия, обеспечивая высокую светосилу.



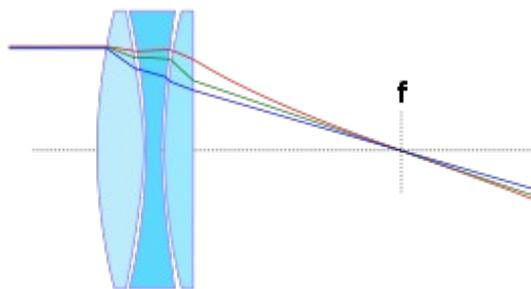
-

- Рисунок 10 – Оптические схемы анастигмата

- **Характеристика**

- Анастигмат состоит не менее чем из трёх линз (если он не содержит оптических элементов другого типа и асферических линз). Простейший анастигмат — триплет. Подавляющее большинство современных фотографических, киносъёмочных и телевизионных объективов — анастигматы. Впервые объектив «Протар» (нем. Protar), соответствующий классу анастигматов, был сконструирован немецким оптиком Паулем Рудольфом в 1890 году.

- **Апохромат** — оптическая конструкция, у которой исправлены сферическая aberrация и хроматические aberrации для трёх и более цветов^[1]. Как правило, является усложнённым ахроматом с линзами из стекла специальных сортов (например, курцфлинт) и некоторых иных кристаллов (флюорит, кварцы).



-
 - Рисунок 11 – Оптические схемы апохромáта

- **Характеристика**

- В отличие от ахроматических оптических систем, у которых фокусное расстояние совпадает для двух различных длин волн, в апохроматических системах фокусное расстояние уравнено в *трёх* точках спектра, и вторичный спектр исправлен. Системы, в которых вторичный спектр исправлен не полностью, но существенно уменьшен, называются *полуапохроматами*.

- Обычно расчёт апохроматических линз ведётся для длин волн 434 нм, 546 нм и 656 нм, однако объективы, предназначенные для инфракрасной и ультрафиолетовой съёмки, могут иметь и другие расчётные точки спектры. Различные конструкции апохроматов используются в телескопах, микроскопах, как фотообъективы и т. п.

- **Штатный или обычный объектив** — это объектив, угол обзора которого совпадает с углом обзора человеческого глаза без бокового зрения. Фокусное расстояние такого объектива приблизительно равно диагонали кадра. Почти всегда такие объективы имеют высокую светосилу (это характеризуется значением диафрагмы), что позволяет фотографировать с относительно короткими значениями выдержек при недостаточном освещении.



-
 - Рисунок 12 – Обыкновенный объектив

Широкоугольный объектив

Широкоугольные объективы охватывают угол больше, чем штатные. Чем меньше фокусное расстояние объектива, тем больше у него угол обзора. Объектив с фокусным расстоянием в 20 миллиметров (для 35-миллиметровой камеры) по диагонали кадра «видит» примерно 90 градусов пространства. Все объективы с фокусным расстоянием от 20 до 50 мм можно называть широкоугольными.



Рисунок 12 – Широкоугольный объектив

Сверхширокоугольные объективы — это объективы с фокусным расстоянием от 14 до 20 миллиметров. Их можно разделить на две группы. Это прямые объективы, которые позволяют получать изображения либо без искажений, либо с приемлемым уровнем искажений перспективы, и дисторгирующие, дающие бочкообразные искажения. Дисторгирующие объективы называют «рыбий глаз».

Объективы типа «Рыбий глаз» бывают двух типов: с полем зрения 180 градусов по диагонали кадра (16 мм) и 180 градусов по вертикали кадра (8 мм). При помощи «рыбьего глаза» можно получить оригинальный эффект и своеобразную выразительность.



Рисунок 13 – Сверхширокоугольный объектив

Длиннофокусный объектив

Длиннофокусные объективы «приближают» к фотографу объект съемки. Можно разделить на два типа: длиннофокусные и телеобъективы. В телеобъективах в схему добавлена отрицательная линза, благодаря которой производители добились значительного уменьшения габаритных размеров.



Рисунок 14 – Длиннофокусный объектив

Сверхдлиннофокусный объектив

Это объективы с фокусным расстоянием от 500 миллиметров и больше. Существуют объективы с фокусным расстоянием в 2000 мм, но это уже редкость. Вес таких объективов составляет более 6 килограммов и съемка на них без штатива практически невозможна. Конструктивная разновидность сверхдлиннофокусных объективов – зеркально-линзовые. В такой конструкции часть оптической конструкции выполняют сферические зеркала.



Рисунок 15 – Сверхдлиннофокусный объектив

Зум-объектив

Так называют объективы с переменным фокусным расстоянием. У зум-объективов есть недостатки. Короткофокусные зум-объективы страдают дисторсией, и чем короче фокусное расстояние (больше поле зрения), тем выше дисторсия. По светосильности такие объективы подразделяются на две категории: с постоянной и переменной диафрагмой. В случае с переменной диафрагмой светосила меняется в зависимости от изменения фокусного расстояния. Например, у объектива 28-70 при фокусном расстоянии 28 мм значение диафрагмы (светосила) — 2,8, а при 70 мм — 4. Это ухудшает удобство использования. У таких объективов светосила тем меньше, чем больше фокусное расстояние. У объективов с постоянной диафрагмой таких недостатков нет.



Рисунок 16 – Зум-объектив

Софт-объектив

Объектив мягкого фокуса или софт-объектив выпускается, как правило, с набором съемных диафрагм. У такой диафрагмы центральное отверстие (равное не конкретной рабочей диафрагме) окружено множеством меньших отверстий. Центральное отверстие создает резкое изображение, а внешние, меньшие, рассеивают его. Уровень рассеивания можно регулировать путем замены вставной диафрагмы. Это дает возможность значительно изменять эффект мягкого фокуса и степень рассеивания. В некоторых моделях специально не полностью коррегирована сферическая абберация.



Рисунок 17 – Софт-объектив

Макрообъектив

Объектив, позволяющий снимать без специальных приспособлений в масштабе 1:1. У таких объективов, в отличие от всех остальных, при съемке на конечное расстояние aberrации исправлены.



Рисунок 18 – Макрообъектив

Шифт-объектив

Название произошло от английского слова Shift («Сдвиг»), при помощи такого объектива можно избавиться от перспективных искажений путем смещения блока линз параллельно плоскости пленки или матрицы. При съемке камера ставится так, чтобы оптическая ось объектива была параллельна земле.



Рисунок 19 – Шифт-объектив
Телеконвертор

Конструктивно телеконвертор нельзя отнести к объективам. Но с его помощью можно увеличить фокусное расстояние, а значит, приблизится к объекту съемки. Небольшой размер и малый вес — это главные достоинства телеконвертора. Конверторы выпускают с разной кратностью увеличения фокусного расстояния.



Рисунок 20 – Телеконвертор

ОПТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ОБЪЕКТИВОВ

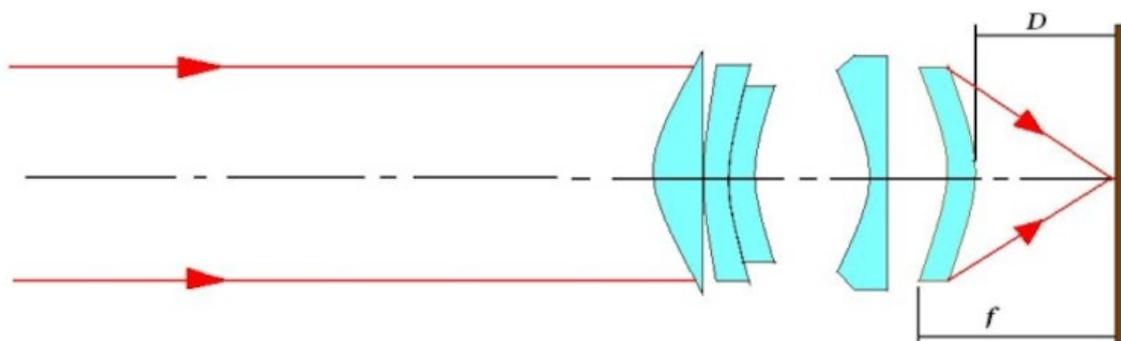


Рисунок 21 – Оптическая схема нормального объектива (угол поля зрения 40° - 50°)

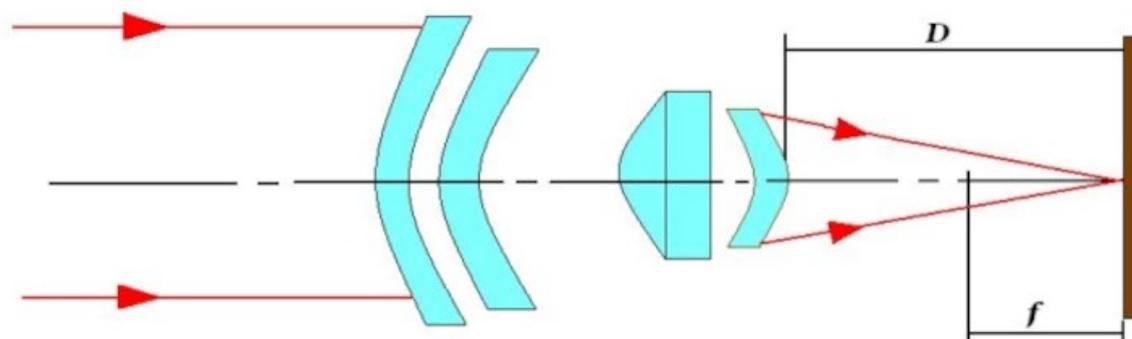


Рисунок 22 – Оптическая схема широкоугольного (ретрофокусного) объектива (угол поля зрения 60° - 83°)

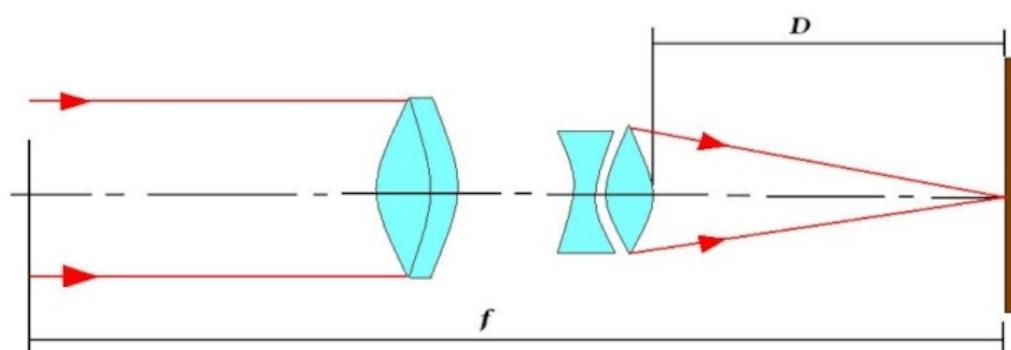


Рисунок 23 – Оптическая схема телеобъектива (сверхдлиннофокусного) (угол поля зрения 9° и менее)

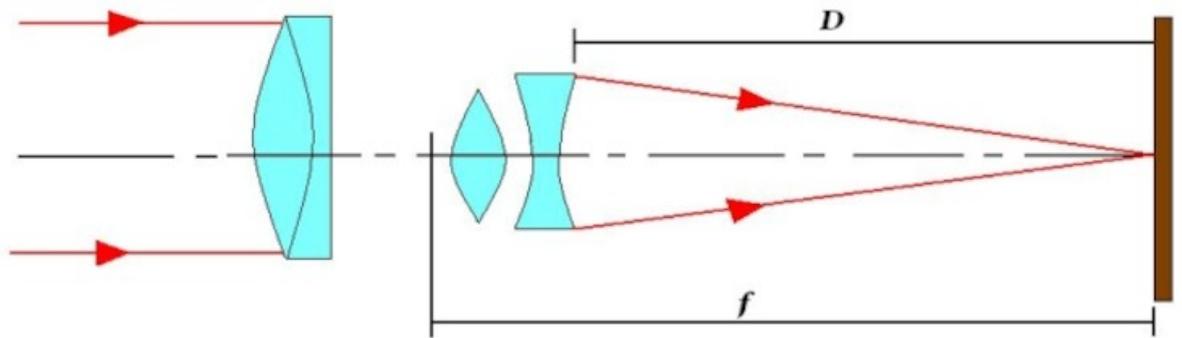


Рисунок 24 – Оптическая схема длиннофокусного объектива (угол поля зрения 39° и менее)

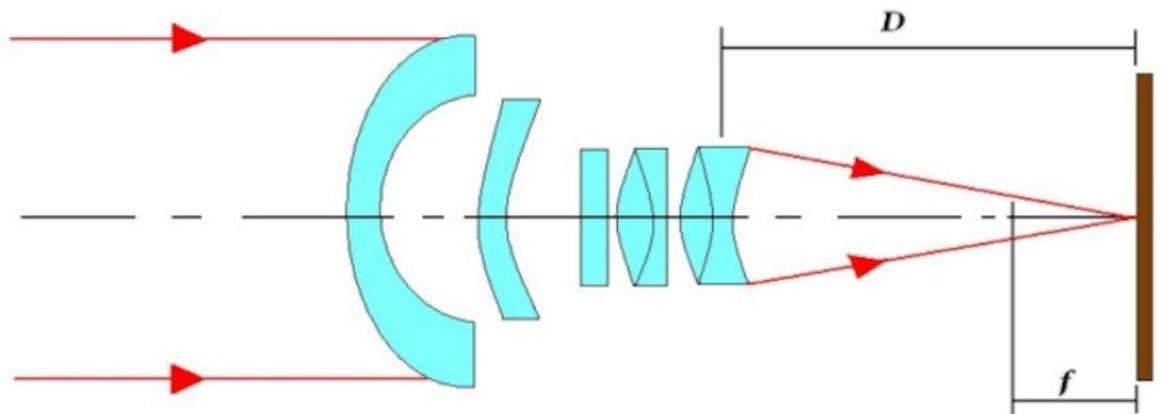
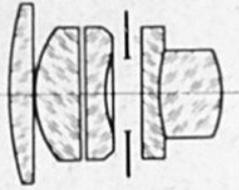


Рисунок 25 – Оптическая схема объектива «рыбий глаз» (угол поля зрения 180° и более)

ПРИЛОЖЕНИЯ А

Схемы оптических объективов

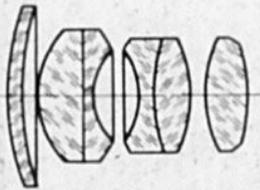
Оптические схемы длиннофокусных
и телеобъективов



«Юпитер-25 ц»



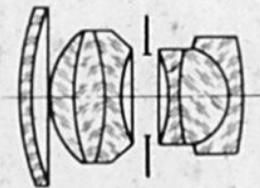
«Телемар-22»



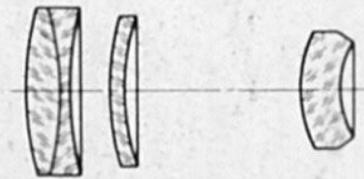
«Гелиос-40»



«Таир-3»

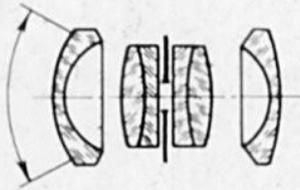


«Юпитер-9»

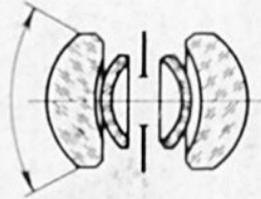


«Таир-33»

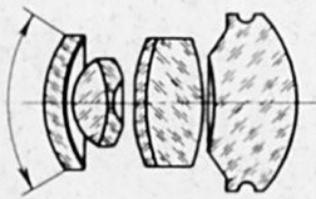
Оптические схемы широкоугольных объективов



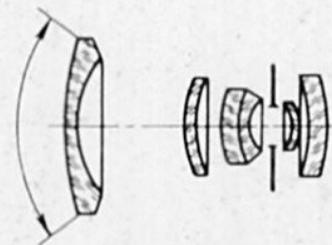
«Руссар МР-2»



«Орион-15»

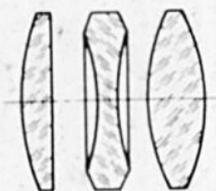


«Юпитер-12»



«Мир-3»

Оптические схемы нормальных объективов



Триплет «Т»



«Индустар»

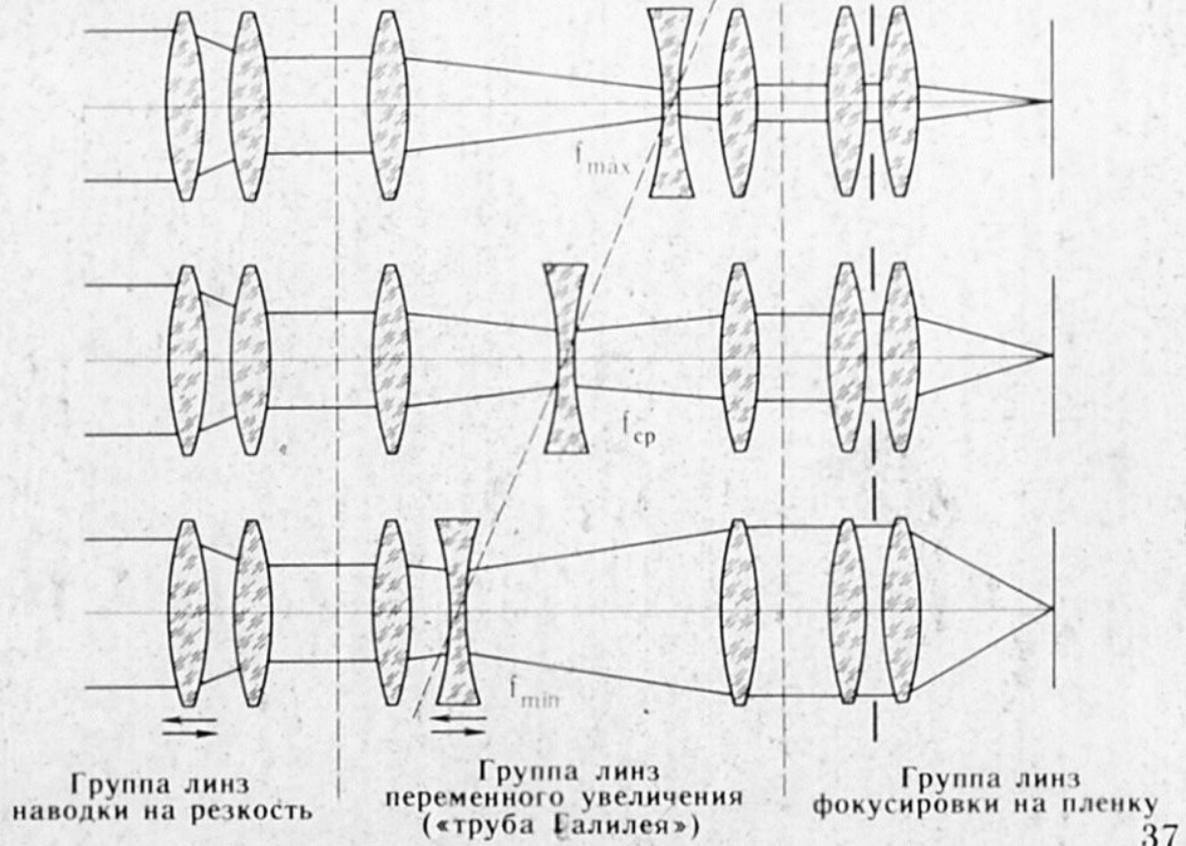


«Юпитер-8»

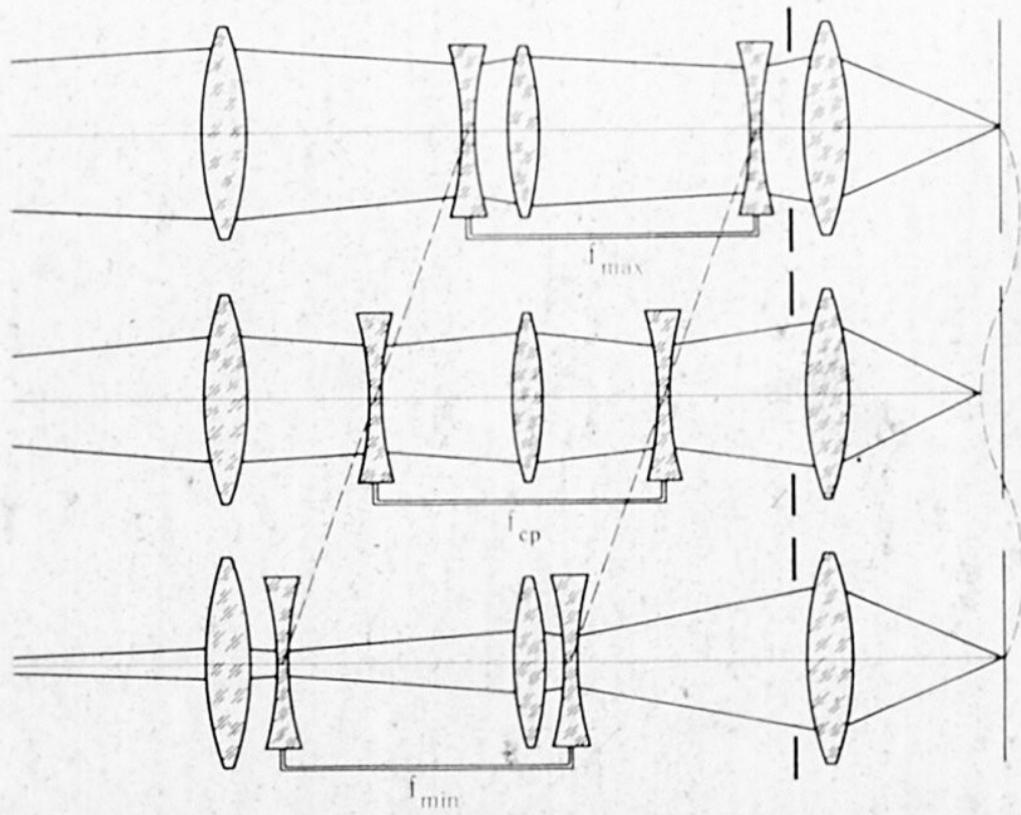


«Юпитер-3»

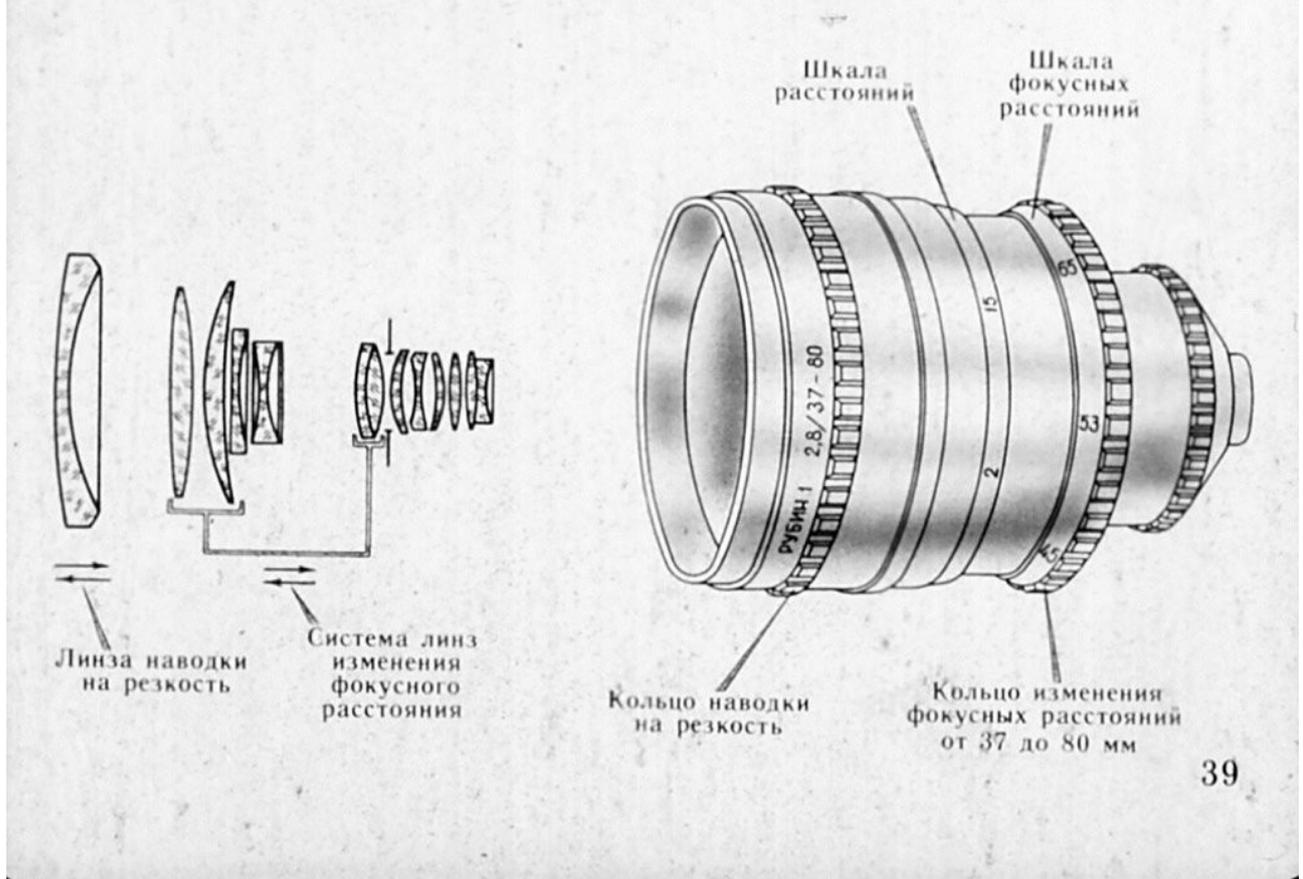
Оптическая схема объектива
с переменным фокусным расстоянием

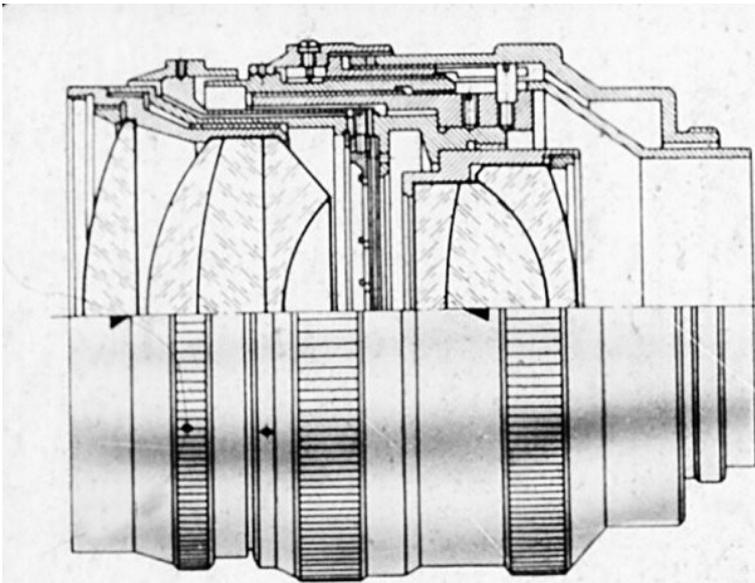


Оптическая схема вариообъектива с оптической компенсацией



Вариообъектив «Рубин-1»

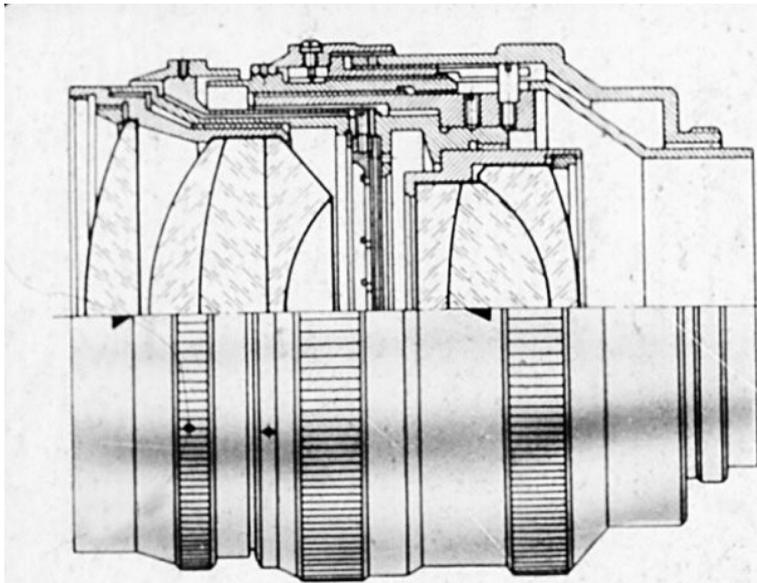




Объектив «Юпитер-9»

Техническая характеристика

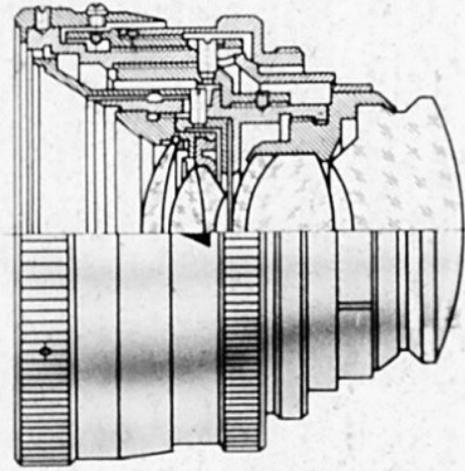
Фокусное расстояние, мм	85
Относительное отверстие	1:2
Угол поля изображения, град	28
Диапазон относительных отверстий	От 1:2 до 1:22
Диапазон шкалы расстояний	От 1,15 м до ∞
Разрешающая способность:	
в центре поля.	30 линий на 1 мм
по краям поля.	18 линий на 1 мм



Объектив «Юпитер-9»

Техническая характеристика

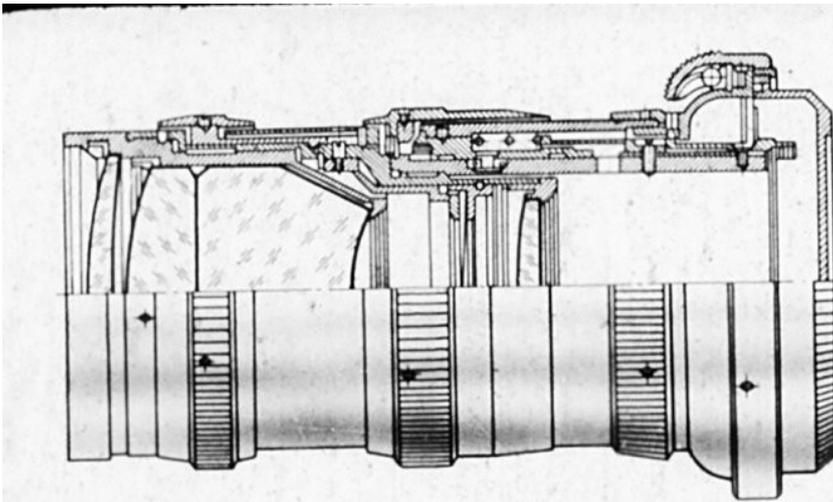
Фокусное расстояние, мм	85
Относительное отверстие	1:2
Угол поля изображения, град	28
Диапазон относительных отверстий	От 1:2 до 1:22
Диапазон шкалы расстояний	От 1,15 м до ∞
Разрешающая способность:	
в центре поля.	30 линий на 1 мм
по краям поля.	18 линий на 1 мм



Объектив «Юпитер-12»

Техническая характеристика

Фокусное расстояние, мм	35
Относительное отверстие	1:2,8
Угол поля изображения, град	63
Диапазон относительных отверстий.	От 1:2,8 до 1:22
Диапазон шкалы расстояний	От 0,9 м до ∞
Разрешающая способность:	
в центре поля.	34 линии на 1 мм
по краям поля.	12 линий на 1 мм



Объектив
«Юпитер-11»

Техническая характеристика

Фокусное расстояние, мм	135
Относительное отверстие	1:4
Угол поля изображения, град	18
Диапазон относительных отверстий	От 1:4 до 1:22
Диапазон шкалы расстояний	От 1,5 м до ∞
Разрешающая способность:	
в центре поля.	34 линии на 1 мм
по краям поля.	19 линий на 1 мм