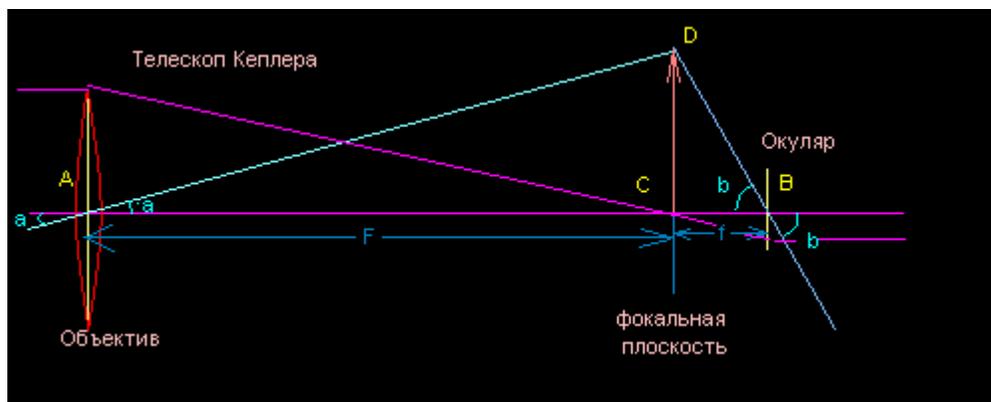


## Как выбрать окуляр.

Наверно каждый человек, купивший телескоп, сразу же вынужден задуматься над этим вопросом. Причины могут быть самыми различными. Одни телескопы вообще не укомплектованы окулярами, другие имеют несколько окуляров весьма посредственного уровня, в третьих случаях комплект окуляров не позволяет получить желаемые увеличения. Вопрос, какие окуляры мне купить – очень часто задаваемый на астрономических форумах. Тем не менее, данный вопрос не совсем корректен. Окуляры не должны покупаться стихийно. Правильным был бы вопрос: «какой набор окуляров мне нужно иметь». Увы, далеко не каждый любитель может сразу для себя подобрать оптимальный набор. Некоторые любители астрономии приобретают болезнь к собиранию окуляров, подобно тому, как филателисты собирают марки. Отдельные любители умудряются собрать или перепробовать 30, 40 и даже 100 окуляров. Для некоторых это превращается даже в хобби по постоянной покупке и продаже окуляров в вечном поиске наиболее совершенных, а тестирование окуляров становится наиболее интересной астрономической задачей. Но если Вы хотите не изучать окуляры, а наблюдать, вы должны кое-что узнать об окулярах, что бы собрать прекрасный набор именно для ваших нужд с учетом возможностей кошелька и телескопа.

Для начала необходимо все-таки ознакомиться с некоторыми принципами геометрической оптики, что бы понять происхождение некоторых простых формул, которые необходимо знать перед покупкой окуляров. Если же Вы очень хорошо знакомы с оптикой или не хотите вникать в детали, можете смело пропустить текст, написанный курсивом.

*Любой телескоп состоит из объектива и окуляра. Объектив характеризуется своим диаметром и фокусным расстоянием.*



*Для рефрактора и рефлектора системы Ньютона фокусное расстояние определяется линзовым объективом и главным зеркалом соответственно. В Каасагренах и других более сложных телескопах фокусное расстояние определяется всей оптической системой телескопа и такое фокусное расстояния называют эквивалентным фокусным расстоянием. Давайте посмотрим на картинку. Через объектив падает два плоских волновых фронта. Пусть один от звезды, находящейся на оптической оси (малиновый), а второй от находящейся по*

отношению к первой на угол  $a$ . Пусть Фокусное расстояние объектива равно  $F$ , а окуляра -  $f$ . В этом случае мы получим в фокальной плоскости изображение отрезка от первой звезды ко второй (изображено вертикальной стрелкой). В этом случае мы увидим через телескоп две звезды с углом между ними  $b$ . Из треугольника  $ACD$  следует, что  $CD/F = \text{tg}(a)$ . Из треугольника  $BDC$  следует, что  $CD/f = \text{tg}(b)$ . Отсюда имеем, что  $F \cdot \text{tg}(a) = f \cdot \text{tg}(b)$  или

$$\text{tg}(b)/\text{tg}(a) = F/f = \Gamma.$$

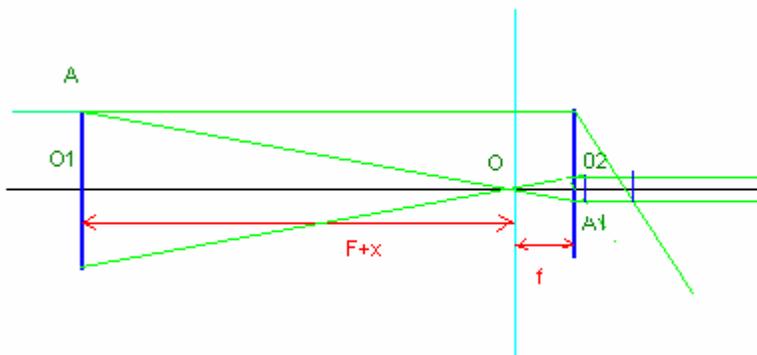
Понятно, что величину  $\Gamma$  удобно назвать увеличением.

Можно ввести также понятие углового увеличения в виде (Обозначим его буквой  $\Theta$ ).  $\Theta = b/a$ . Выберем для определенности  $F=600$  мм,  $f=10$  мм. Пусть угол  $a$  равен одному градусу. Получим, что угол  $b=46.3236$  градуса. Следовательно, угловое увеличение телескопа составит чуть больше 46.3 градуса. Если мы возьмем угол между звездами в 0.5 градуса, то получим, что угол  $b=27.637$  градуса и угловое увеличение составит 55.274 крат. Ну а для случая угла в два градуса получим угловое увеличение телескопа, равное 32.24 раза. То есть угловое увеличение является непостоянным по полю зрения. Тем не менее, иногда при малых углах тангенсы опускают, и пишут, что

$$b/a = F/f = \Gamma.$$

В таком случае говорят, что оптический прибор увеличивает углы поля зрения. Тем не менее, в случае широкоугольных окуляров так говорить нельзя.

Рассмотрим теперь, что собой представляет выходной зрачок.



Выходной зрачок по своей природе есть изображение объектива телескопа (вернее полевой диафрагмы), построенное окуляром. Рассмотрим чертеж. Пусть у нас задана оптическая ось телескопа, как прямая, которую в точке  $O1$  пересекает объектив телескопа. В точке  $O$  ее пересекает фокальная плоскость окуляра. В точке  $O2$  ее пересекает задняя главная плоскость окуляра. Пусть расстояние  $O1-O$  равно  $F+x$   $F$ -фокусное расстояние объектива  $x$ -величина дефокусировки.

Пусть фокусное расстояние окуляра равно  $f$ . Для построения изображения объектива проведем от края объектива  $A$  два луча.

Один луч пройдет через точку  $O$  и пересечет окулярную плоскость в точке  $A1$ . Поскольку этот луч вышел из фокуса, то за окуляром он будет идти параллельно. Второй луч из  $A$  пустим параллельно оптической оси. Тогда он после пересечения передней главной плоскости окуляра пройдет через второй фокус окуляра (на рисунке не отмечен). Для нахождения размера изображения объектива учтем, что радиус выходного изображения телескопа будет равен  $O-A2$ . Из подобных треугольников  $O1 A O$  и  $O2 A1 O$  можно записать пропорцию  $f/(F+x)=O2A1/O1A$ . Учитывая, что  $O1A=D/2$ , а  $O2A1=d/2$ , имеем, что  $f/(F+x)=d/D$  или  $D*f/(F+x)=d$ , то есть размер выходного зрачка зависит фокусировки. Тем не менее, с небольшой погрешностью можно сказать, что

$$\boxed{D/d=F/f=\Gamma}$$

То есть увеличение телескопа равно отношению входного и выходного зрачков, а также отношению фокусных расстояний.

Рассмотрим еще один важный параметр – диаметр полевой диафрагмы окуляра. Обычно его довольно просто померить. Оказывается, что диаметр диафрагмы влияет на поле зрения окуляра. Если поле зрения системы телескоп+окуляр  $=2w$ , то можно записать, что  $\tan(w)=r/F$ ,  $r$  - радиус полевой диафрагмы  $F$ -фокусное расстояние объектива. Поскольку  $w$  менее 5 градусов, то можно записать с хорошей точностью, что угол зрения телескопа равен  $2r/F$  радиан или  $57.3*2r/F$  градусов. Видимое же для глаза поле зрения окуляра  $2v$  определяется, как  $\tan(v)=r/f$ , а значит реальный полуугол поля зрения  $v=\arctan(r/f)$ , следовательно, видимый глазу угол поля зрения

$$\boxed{2v=2*\arctan(r/f)}$$

Очень часто производители из маркетинговых соображений в качестве поля зрения окуляров указывают величину, вычисляемую как  $57.3*\text{диаметр полевой диафрагмы}/\text{фокусное расстояние}$ . Однако приведенная формула есть формула сильно приближенная. Например, для 72-х градусного окуляра DeepSky видимое поле зрения равно  $2*\arctan(25/(2*20))=64$  градуса.

Все, с математикой покончили. Теперь выясним важные характеристики телескопа.

### **Диаметр посадки окуляра.**

Окуляры сделаны с такими размерами посадочной юбки, чтобы соответствовать стандартному фокусеру телескопа. Исторически сложилось, что размеры посадки окуляра всегда измеряют в дюймах, даже в странах с метрической системой. Только в Советском Союзе была принята метрическая система обозначения размера посадки окуляра. Самый распространенный размер посадки - 1.25". Эта величина близка к стандартной 32мм посадке окуляров телескопов Мицар (выпущенных в советское время) и посадке популярных у любителей

окуляров к микроскопу МБС. В телескопах с малой светосилой, а также для получения широкого поля зрения используют посадку окуляров в 2". Большой диаметр 2" окуляров позволяет им показывать большую область неба, но двухдюймовые окуляры более дороги по сравнению с 1.25-дюймовыми моделями. По этому, как правило, 2" фокусеры присутствуют в длиннофокусных телескопах. Впрочем в последнее время двухдюймовые фокусеры стали устанавливать и в бюджетные Ньютоны.



Типичный вид фокусирующего узла.

Существует распространенное заблуждение, что окуляры с двухдюймовой посадкой обладают большим полем зрения. Однако это далеко не всегда так и двухдюймовость посадки не гарантирует, что поле зрения окуляра будет большим.

С телескопом, имеющим 1.25-дюймовый фокусер можно использовать только 1.25-дюймовые окуляры. В фокусирующиеся узлы телескопов с двухдюймовыми фокусерами можно вставить как двухдюймовые окуляры, так и 1.25" модели с переходником.

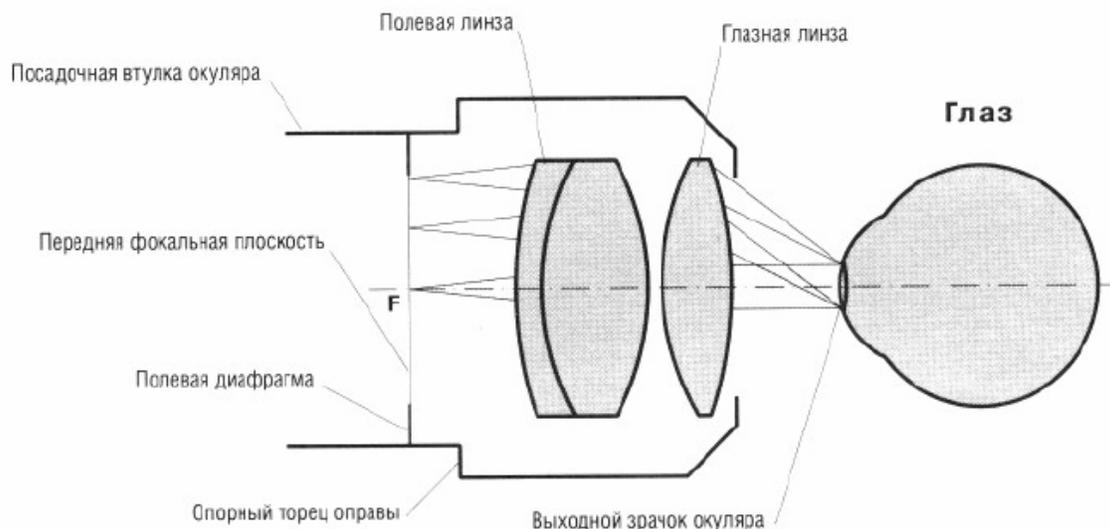
Существуют также телескопы с фокусирующим узлом для 0.965" окуляров. Такая посадка была раньше популярна в Японии. Однако в настоящее время, только самые дешевые из телескопов имеют 0.965" фокусер. Среди телескопов НПЗ такой фокусер имеет телескоп Алькор. Я бы рекомендовал избегать 0.965" окуляров, потому что их маленький диаметр посадки дает маленькое поле зрения. Да и с учетом низкого качества телескопов западного или Китайского производства можно представить себе, какого качества окуляры с такой посадкой там используются.

### **Диаметр объектива телескопа и его фокусное расстояние**

Даже если документация к телескопу очень скупа, тем не менее, эти два основополагающих параметра приводятся, как правило, всегда. Но даже если такой информации нет, то измерять диаметр телескопа (а для Рефракторов и телескопов системы Ньютона и фокусное расстояние) измерять в принципе несложно. Эти параметры можно также уточнить у продавца. Фактически знание посадки окуляра, а также диаметра объектива и фокусного расстояния вполне достаточны для подбора окуляров.

Рассмотрим теперь, какими характеристиками обладают окуляры:

## ОКУЛЯР И ЕГО СОСТАВЛЯЮЩИЕ



### Фокусное расстояние окуляра.

Фокусное расстояние окуляра обозначают в миллиметрах, и оно определяет увеличение, которое даст окуляр с тем или иным телескопом. Как было показано выше, увеличение будет равно отношению фокусного расстояния объектива на фокусное расстояние окуляра. Например, 25mm окуляр, используемый в телескопе с фокусным расстоянием 1000 мм, увеличение составит  $1000/25=40$  крат.

В основном в интернет-магазинах можно купить окуляры с фокусным расстоянием от 2.5мм. до 56 мм. Окуляры с фокусным расстоянием менее 10 мм принято называть короткофокусными, а с фокусным расстоянием более 15-20 мм – длиннофокусными.

Оптимальный выбор окуляра зависит от возможностей глаза наблюдателя. Если у детей и молодых людей зрачок глаза в полной темноте может расширяться до 8 мм, то у 30-40 летнего человека эта величина составит уже только 6-7 мм. У пожилых людей зрачок глаза может расширяться только до 5 мм. По этому наиболее длиннофокусный окуляр, который может быть полезен, не должен давать выходной зрачок больше диаметра входного зрачка глаза. Найти величину фокусного расстояния такого окуляра можно по формуле  $d \cdot F / D = f$ , где  $d$  – диаметр входного зрачка глаза (примем его за 6 мм),  $F$  – фокусное расстояние телескопа,  $D$  – диаметр объектива телескопа,  $f$  – фокусное расстояние окуляра. Например, если у нас есть телескоп с диаметром объектива 100 мм и фокусным расстоянием 500 мм., то максимальное фокусное расстояние окуляров не должно превышать  $6 \cdot 500 / 100 = 30$  мм.

Имеется для окуляров в связке с данным телескопом и минимальное разумное фокусное расстояние, которое обеспечит максимальное разумное увеличение. Опыт многих наблюдателей показал, что новые детали невозможно

увидеть уже при выходном зрачке менее 0.7 мм. В нашем примере минимальное разумное фокусное расстояние окуляра равно  $0.7 \cdot 500 / 100 = 3.5$  мм.

Однако если диаметр телескопа превышает 150-200 мм. То зачастую такие короткофокусные окуляры оказываются малоприменимы, ибо беспокойствие земной атмосферы редко позволяет наблюдать при увеличениях свыше 250-300 крат. К тому же Крупные телескопы обычно имеют более низкокачественно изготовленную оптику и эта оптика также не позволяет наблюдать при увеличениях свыше 300 крат.

После того, как Вы определили минимальное и максимальное разумное фокусное расстояние окуляра, вы можете выбирать свои окуляры в полученном диапазоне. Следует помнить, что максимальное количество деталей в туманностях можно видеть при выходном зрачке в 2-3 мм.

Не стоит также забывать и о возможности использования линзы Барлоу, но разговор о ней пойдет ниже.

### **Поле зрения окуляров.**

Поле зрения окуляра – это угловой размер видимого поля зрения. При любом данном увеличении окуляр с широким полем зрения показывает большую часть неба, чем окуляр с более узким полем зрения. Поскольку фокусное расстояние таких окуляров одинаковое, то у них одинаковое увеличение и объекты имеют одинаковые видимые размеры. Но окуляр с полем зрения, скажем  $82^\circ$ , показывает намного больше, чем  $50^\circ$ -ный окуляр.

Окуляры, которые обеспечивают широкое поле зрения, популярны по двум причинам. Многим людям большое поле зрения нравится чисто эстетически. Во вторых, если Вы используете телескоп без часового механизма, большое поле зрения позволяет объекту остаться в поле зрения более длительное время, прежде чем Вам придется двигать трубу. Не стоит забывать, что в широкоугольных окулярах угловое увеличение на краю будет меньше, чем в центре. Поле зрения большинства окуляров находится в диапазоне от  $40^\circ$  до  $80^\circ$  и более. При прочих равных условиях, окуляры с широким полем зрения стоят больше, чем с малым полем зрения. Однако у широкоугольных окуляров есть еще одна неприятная особенность – они состоят из большего числа линз и вероятность появления бликов у них несравненно выше.

### **Вынос зрачка**

Выходной зрачок окуляра можно легко увидеть, достаточно вставить окуляр в телескоп и можно увидеть четкое круглое светлое пятно. Наблюдать можно только в том случае, когда выходной зрачок телескопа мы совместим с входным зрачком глаза. По этому очень важна такая характеристика окуляра, как вынос выходного зрачка от передней линзы окуляра. Когда Вы рассматриваете с окуляром, имеющим малый вынос зрачка, Вам придется глазом буквально прижиматься к глазной линзе.

Используя окуляр с большим выносом зрачка, Вы можете расположить свой глаз более комфортно. Если же Вы вынуждены использовать очки во время наблюдений, например при астигматизме, или если Вам удобно пользоваться окуляром с большим выносом выходного зрачка, ищите окуляр с 20мм. выносом. Если Вы наблюдаете без очков (а близорукий человек может наблюдать без очков

просто перефокусировав окуляр), 12мм. вынос выходного зрачка будет вполне комфортным. При выносе зрачка в 3-4 мм глаз практически касается линзы телескопа, и наблюдать становится крайне некомфортно, особенно на морозе.

Слишком большой вынос может быть столь же плох, как и слишком маленький. Некоторые длиннофокусные окуляры имеют слишком большой вынос, иногда 40мм. Или даже больше. Когда вынос становится более 25мм, становится очень трудно удерживать глаз по отношению к выходному зрачку. Чашки глаза и другие пособия могут минимизировать эту проблему, но вообще мы рекомендуем избегать любого окуляра с помощью глаза, больше чем 25mm.

### **Механическое качество**

Механическое качество окуляров может быть очень различным. Многие японские окуляры и некоторые тайваньские модели имеют превосходное механическое качество. Дешевые окуляры, которые часто упоминают, как "китайские окуляры, « имеют заметно более низкое качество. Тем не менее, многие окуляры, сделанные в Китае имеют вполне достойное качество.

У не очень качественных окуляров, по сравнению с качественными, надписи отпечатаны краской, а не гравированы, на диафрагмах имеются неровности и даже заусеницы, края линз не чернятся, бывает плохое просветляющее покрытие или окуляры оказываются вообще без него, и так далее.

Иногда бывает даже такая ситуация, что фиксирующее кольцо может выкрутиться вместе с юбкой и окуляр рассыпается.



пример окуляра с проточкой

Среди механических свойств можно обратить внимание на наличие проточки посадочной юбки. Некоторые окуляры имеют специальную проточку для того, что бы не зависимо от положения окуляра, если он прижат зажимным винтом, он не выпал.

### **Оптическое качество окуляра**

Оптическое качество окуляров еще более важно, чем механическое качество. Главная причина различия в цене между дешевыми окулярами и дорогими моделями - уровень внимания, которое уделяют линзам, их полировке, просветлению и точности воспроизведения оптической схемы.

Главными оптическими недостатками, могущими присутствовать у окуляров, являются:

1. Более низкое качество изображения на краю поля зрения – этот дефект характерен для дешевых окуляров и проявляется в том, что, не смотря на четкие и резкие изображения звезд в центре, на краю они превращаются в вытянутые запятые или расплываются в нечеткие пятна. Не стоит путать плохое качество изображения окуляра на краю с комой светосильных Ньютонов или другими аберациями телескопа.
2. Хроматизм увеличения. Изображения звезд в окуляре на краю поля зрения окрашиваются в различные цвета или раскладываются в небольшие спектрики. С другой стороны многие любители при покупке иногда пугаются, когда видят окрашенными в пурпурный или голубой ореол изображение полевой диафрагмы. Такое явление характерно для окуляров, содержащих отрицательный оптический элемент непосредственно за диафрагмой, и никакого отношения к качеству окуляра не имеет.
3. Мутность изображения. Иногда линзы окуляра оказываются отполированными настолько плохо, что снижение контраста становится заметным. При рассматривании Луны и планет изображение становится как бы мутноватым.
4. Блики. При наблюдении ярких звезд и планет иногда можно наблюдать слабые вторичные изображения, называемые духами. Такое явление наблюдается в случае, когда просветление окуляров плохое или окуляр содержит большое число линз.
5. Дисторсия окуляра. Некоторые окуляры имеют заметную дисторсию, выражающуюся в том, что изображение, будучи резким, имеет определенную деформированность, а прямые линии кажутся изогнутыми. Если днем мы посмотрим через телескоп с таким окуляром на кирпичную стенку, мы можем увидеть два вида искажений.
  - все линии кирпича окажутся вогнутыми, а прямые углы станут острыми. Такой вид дисторсии называют подушкообразной.
  - Все линии кирпича станут выпуклыми, а прямые углы станут тупыми. Такой вид дисторсии называют бочкообразной.

При использовании таких окуляров будет казаться, что небо как вогнуто или выпукло, а линейные размеры искажены.

### **Просветление линз окуляра**

Для того, что бы увеличить количество света, которое доходит до глаза наблюдателя, увеличить контраст изображения и снизить яркость бликов линзы окуляров просветляют. В хороших дорогих окулярах применяется многослойное просветление всех линз. В таких случаях на самом окуляре присутствует надпись «Full MultiCoated» или «Full MC». В более дешевых окулярах применяют просветление не всех линз (в таком случае отсутствует надпись Full) или просветление однослойное (Coated или C). Самые некачественные и дешевые окуляры идут вообще без просветления. Просветление бывает как химическим, так и нанесенным методом вакуумного напыления.

### **Чувствительность к светосиле телескопа**

В телескопах, у которых светосила (отношение диаметра объектива к фокусному расстоянию) довольно велика ( $1/5$  или даже более) конус лучей

сходится под довольно большим углом, что накладывает более высокие требования к качеству окуляров. В длиннофокусных телескопах все лучи падают почти перпендикулярно к полевой линзе окуляра и требования к качеству окуляров заметно ниже. Особенно чувствительны к светосиле телескопа широкоугольные окуляры.

Так в телескопе  $f/10$  практически любой, даже недорогой широкоугольный окуляр, обеспечивает резкое изображение практически по всему полю зрения. В телескопе  $f/5$  только дорогие окуляры (Пентакс, Наглер) способны давать такое же хорошее изображение.

Если Вы имеете длиннофокусный телескоп, Вы можете свободно покупать относительно недорогие окуляры, в том числе широкоугольные и сверхширокоугольные. Если же у Вас быстрый (короткофокусный) телескоп, то у вас есть три возможности:

1. Покупать окуляры, которые хорошо работают с такой светосилой. Широкоугольные окуляры стоят обычно от 500\$.
2. Покупать окуляры системы Плессла. Имея не очень большое поле зрения, такие окуляры дают довольно хорошие изображения даже на светосильных инструментах.
3. Покупать недорогие широкоугольные окуляры и смириться с низким качеством изображения на краю.

### **Физические размер и вес**

Даже в пределах одного вида посадки окуляры радикально отличаются по физическому размеру и весу. Физический размер - обычно не является проблемой, но это может сыграть злую шутку с Вами, если Вы используете телескоп системы Добсона и для разных окуляров может понадобится перебалансировка трубы.

Как правило окуляры весят от 30-40 грамм до нескольких килограмм. Если вы используете окуляры с разным весом, возможно, вам придется изготовить утяжеленные кольца для более легких окуляров. Бюджетные телескопы с пластмассовыми фокусерами могут вообще не выдержать большого веса окуляра.

### **Парфокальность.**

Различные типы окуляров и даже окуляры разных производителей имеют слегка отличные расстояния между местом посадки и фокальной плоскостью. Это означает, что, заменив один окуляр на другой Вы, даже если имеете нормальное зрение, вынуждены будете вновь настраивать при помощи фокусера резкость. В идеале Вам бы наверно хотелось иметь такой набор окуляров, которые можно было бы менять без необходимости перефокусировки. Такие окуляры называются парфокальными.

Большинство линеек окуляров одного производителя – парфокальны. Тем не менее, бывают и исключения, особенно для очень короткофокусных или длиннофокусных окуляров. Однако получить преимущество от парфокальности Вы можете только в том случае, если у Вас нормальное зрение. Если же Вы близоруки или дальнозорки, то, наблюдая без очков, Вы все равно будете вынуждены производить перефокусировку. В этом случае, а также в случае, когда у Вас не парфокальная коллекция окуляров, можно их сделать парфокальными для себя.

Для этого найдите сначала окуляр, который приходится вдвигать внутрь трубы наиболее сильно, и навидитесь с ним на резкость. Затем установите по очереди другие окуляры и найдите, не трогая фокусера такое их положение, при котором изображение становится резким для Вас. Далее Вам нужно каким-либо образом отметить себе положение окуляров. Это можно сделать с помощью так называемых колец парфокальности или с помощью подручных средств (например, намотав тонкое кольцо из скотча на юбку окуляра). Возможно, что не для всех окуляров такой подход окажется применим, поскольку их юбка может оказаться не достаточно длинной и возникнет угроза выпадения окуляра. Не применим такой подход и в случае, если юбка окуляра имеет проточку.

### **Резьба для фильтров**

Большинство окуляров имеет резьбу для навинчивания фильтров со стороны полевой линзы. Некоторые окуляры имеют также подобную резьбу для фильтров со стороны глазной линзы. В целом резьба практически всех фильтров для 1.25" и 2" окуляров, но есть и исключения. Например, резьба в окуляры фирмы Meade и резьба фильтров является не совсем стандартной. По этой причине разумнее или полностью ориентироваться на продукцию этой фирмы или отказаться вообще от использования ее продукции.

## Типы окуляров



Картинка из журнала звездочета, показывающая внутреннее устройство различных типов окуляров

### Устаревшие типы.

В советских школьных телескопах и некоторых детских телескопах, выпускаемых в наше время, встречается окуляр систем Гюйгенса и Рамсдена. Это двухлинзовые окуляры, которые имеют малое поле зрения. Обычно их поле зрения не превышает 30 градусов, вынос зрачка очень мал, а любая пыль на полевой линзе очень хорошо видна. Таких окуляров следует избегать. Среди длиннофокусных окуляров, которыми комплектуются недорогие современные телескопы, можно

встретить окуляр системы Кельнера. Такие окуляры состоят из одиночной полевой и склеенной глазной пары. Окуляры Кельнера обычно дешевле любых других окуляров, но также имеют не очень большое поле зрения (порядка 40 градусов) и не очень большой вынос зрачка.

### **Окуляр системы Плёссла.**

Большинство недорогих телескопов комплектуется окулярами этого типа. Такой окуляр состоит из двух линзовых блоков, а каждый блок содержит две линзы. Вынос зрачка в таких окулярах достигает 60-70% от фокусного расстояния окуляра, а поле зрения у них порядка 50 градусов.



типичный вид окуляра серии Плёссла

На рынке попадаются окуляры этой системы с самым разным качеством, тем не менее, если окуляр этого типа изготовлен хорошо, то по качеству изображения его не превзойдет никакой другой. Более дорогие окуляры могут давать большее поле зрения или больший вынос зрачка, но по количеству доступных деталей более дорогие типы окуляров уже не превзойдут его.

Тем не менее, не стоит покупать самые дешевые окуляры этого типа. В дешевых моделях, как правило, полировка линз несколько хуже и ниже качество механики. Вполне возможно, что в таких окулярах будет обнаружен перекося линз.

### **Модификации системы Плёссла.**

Окуляр системы Плёссла послужил прообразом для построения более сложных систем окуляров, известных как модификации системы Плёссла. Например, в окулярах Celeston Ultima большинство окуляров являются модифицированными Плёсслами, состоящими из пяти линз. Встречаются названия таких модифицированных окуляров, как суперПлётсл. Тем не менее, окуляры производства НПЗ, которые маркируются как суперПлётслы, являются обычными Плётслами.

### **Ортоскопический окуляр Аббе.**

Окуляры этой оптической системы были предложены еще в 1882 году, но многими фирмами производятся до сих пор. Этот окуляр состоит из четырех линз, три из которых собрано в одну группу. Такой окуляр хорошо работает на телескопах с большой светосилой и имеет большой вынос зрачка (около 130%), превышающий его фокусное расстояние. Поскольку окуляр имеет ровное, не

испорченное дисторсией, поле зрения, его называли ортоскопическим. Недостатком такого окуляра является в первую очередь малое поле зрения, которое не превышает 40 градусов. В настоящее время ортоскопические окуляры за их свойства называют планетными окулярами, поскольку наблюдать с ними планеты при фокусных расстояниях от 4 до 12.5 мм комфортнее, чем с обычным Плесслом, хотя по контрастности и резкости эти окуляры при одинаковом качестве исполнения одинаковы.

После массового распространения телескопов на монтировке Добсона окуляры этой системы начали терять свою популярность, поскольку планеты очень быстро покидают поле зрения и наблюдать становится некомфортно. Но если Вы используете короткофокусный телескоп на экваториальной монтировке с часовым механизмом, то окуляры этого типа Вам могут понравиться.

### **Широкоугольные окуляры Эрфле**

Это довольно распространенный тип широкоугольного окуляра и выпускается он в самых разных вариантах. Классический окуляр Эрфле имеет 5 линз, но путем замены некоторых линз на склейки получаются более многолинзовые конструкции. Как правило, в таких окулярах содержится от 5 до 8 линз. В целом такие окуляры очень хорошо работают на длиннофокусных инструментах, но на короткофокусных телескопах они дают очень плохое качество изображения на краю. На телескопах со светосилой  $f/4$ - $f/5$  они дают настолько большие aberrации, что владельцы таких телескопов и окуляров называют изображения. Которые они дают ужасными.

Как это не странно звучит, но Celeston Ultima, Orion Ultrascopic и некоторые другие окуляры выполнены по схеме Эрфле, хотя производители их называют пятиэлементными Плесслами или суперплесслами. Но, благодаря тому, что у них поле зрения уменьшено до  $50^\circ$ , с  $60^\circ$  или  $70^\circ$  типичных окуляров Эрфле, они пригодны для использования без существенных ухудшения качества изображения вплоть до  $f/5$  или около этого.

### **Окуляры с отрицательным полевым компонентом**

К этой группе окуляров можно отнести окуляры, в которых для уменьшения фокусного расстояния окуляра при сохранении комфортного выноса зрачка используется линза Барлоу вместе с окуляром обычного типа. В некоторых моделях окуляров линза Барлоу может откручиваться и получается как бы два окуляра в одном. Как правило, при изготовлении таких окуляров обычно их рассчитывают таким образом, что бы отрицательный компонент вместе с стандартным окуляром давал наиболее высокое качество изображения. У многих производителей присутствуют линейки подобных окуляров, состоящих из окуляра, содержащего линзы с высокодисперсионным компонентом (так называемое ED стекло, позволяющее снижать величину aberrаций) и линзы Барлоу, причем при одном и том же положительном компоненте и линзе Барлоу изменяется только расстояние между ними, благодаря чему появляется целая серия окуляров с одинаковым выносом зрачка. Иногда в качестве окуляра выступают широкоугольные и сверхширокоугольные окуляры.

### **Широкоугольные и сверхширокоугольные окуляры**

Очевидно, мы все бы хотели иметь окуляры с максимально возможным полем зрения, комфортным выносом выходного зрачка, что бы изображение было резким как в центре поля зрения, так и на краю, да что бы еще эти окуляры работали хорошо на светосильных телескопах. Да, чуть не забыл, хотелось бы еще, что бы стоили они подешевле. Но, увы, если бы такие окуляры существовали, других бы окуляров уже не выпускалось.

Дорогие окуляры торговых марок TeleVue, Naglers, Panoptics, Pentax приближаются к выдвинутым требованиям (кроме цены, конечно). Тем не менее, даже среди таких окуляров имеются некоторые особенности. Например Naglers предлагает сверхширокоугольный 82°-ный окуляр но имеет вынос зрачка только 12мм, в то время как Pentax предлагает более узкоугольные окуляры (если можно так назвать окуляр с полем зрения 70°), но имеет вынос зрачка 20 мм.

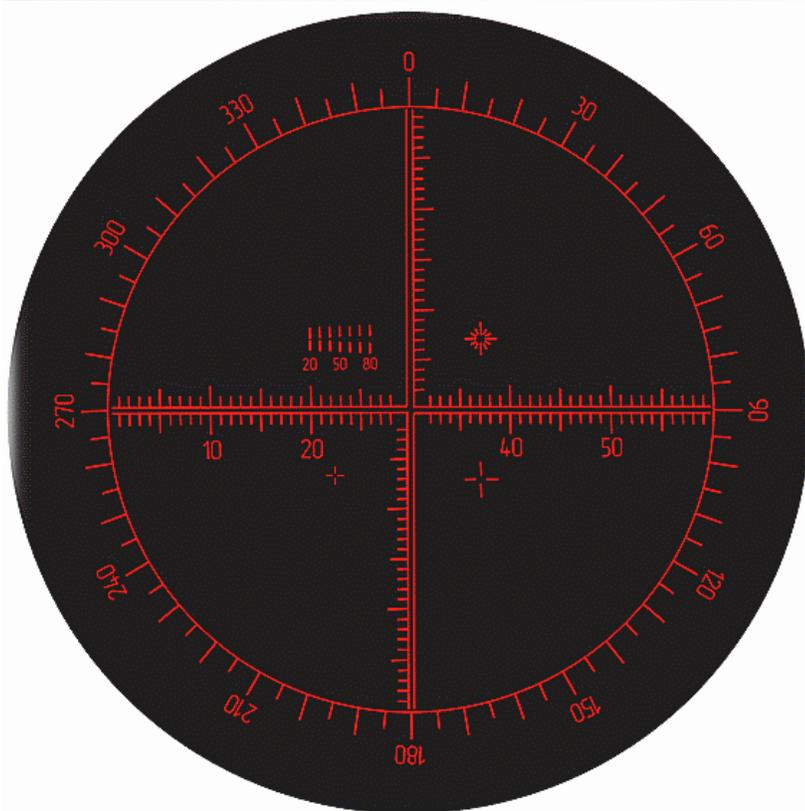
### **Зум окуляры**

В последнее время появились окуляры с переменным фокусным расстоянием. Как правило, в таких окулярах используется изменения между положением отрицательного компонента (аналог линзы Барлоу). В целом такие окуляры имеют как преимущества, так и недостатки.

Основными преимуществами являются: возможность быстро менять увеличение телескопа и подобрать наиболее оптимальное для данного объекта (особенно это актуально при наблюдении с фильтрами, когда экономится время не только на замене окуляра, но и на вкручивании и выкручивании фильтров) и определенная экономия на окулярах (зум 8-24 позволяет вместо 3-4 окуляров использовать один, пусть и более дорогой). Недостатками является меньшее поле зрения (вообще говоря, поле зрения таких окуляров меняется в зависимости от эквивалентного фокусного расстояния)

### **Астрометрические окуляры**

Кроме окуляров, используемых только для наблюдения небесных тел, существуют окуляры, пригодные и для получения научно-значимой информации. В таких окулярах, как правило, маленькое поле зрения, но зато имеется подсвечиваемая сетка с крестом нитей и различными линейными и угловыми шкалами.



Астрометрический окуляр от НПЗ ОКГ с регулируемой подсветкой шкалы и вид шкалы в окуляре.

Используя эти шкалы можно измерять угловые расстояния между объектами и фазовые углы.

### **Производители окуляров и их линейки**

#### Окуляры от микроскопа МБС

После развала СССР многие любители, собравшие с помощью книжки Сикорука, свои телескопы были вынуждены использовать случайные окуляры от биноклей, теодолитов и микроскопов. Наилучшим образом себя зарекомендовали окуляры от стереоскопического бинокулярного микроскопа МБС. К счастью те

времена миновали, и любители астрономии имеют возможность выбирать между разными окулярами, но поскольку окуляры от микроскопа МБС еще временами попадаются у любителей или встречаются на рынках, хотелось бы сказать несколько слов и о них. Обычно их продают в наборах, где присутствуют пары 6х, 8х, 12.5х и 14х. Продаются окуляры двух типов, так называемого старого образца (непросветленные) и нового (просветленные).

Фокусное расстояние окуляров от микроскопа можно определить так: нужно разделить 250 на кратность увеличения, указанную на корпусе окуляра. Например, для 14х окуляра имеем:  $250/14=17.9\text{мм}$ .

Самый хороший из этих окуляров - 14х (18мм.) сделанный по схеме Эрфле, 12.5х (20 мм.) также имеет хорошее поле, 8х – сделан по схеме Кельнера и имеет сравнительно небольшое поле, но благодаря наличию сетки с перекрестием популярен у любителей. 6х - мало пригоден из-за маленького выноса зрачка и очень малого поля зрения. Все окуляры дают контрастное, резкое изображение, и хорошо работают на длиннофокусных телескопах. Увы, на телескопах с относительным отверстием  $f/5$  и еще более короткофокусных они неприменимы. Нужно также иметь в виду, что фокальная плоскость этих окуляров не совпадает с фокальной плоскостью современных окуляров. Чтобы навестись с этими окулярами, нужно выкручивать фокусер дополнительно примерно на 20мм. Ну и конечно нужно учесть, что они примерно на пол миллиметра толще стандартных окуляров, так что не во все фокусеры они вставятся.

### Окуляры производства НПЗ

После распада СССР, по сути, единственным предприятием, выпускающим массово недорогие окуляры для любителей астрономии остался НПЗ – Новосибирский приборостроительный завод. Сейчас он выпускает три линейки окуляров и линзы барлоу 2х, 3х, 4х.



линейка окуляров системы Плессла от НПЗ

Первая линейка – линейка окуляров системы Плессла. Поле зрения у них 45°, а исполнение классическое. Годаются эти окуляры для любых телескопов. Производятся окуляры по этой схеме с фокусными расстояниями 6.3, 7.5, 10, 12.5, 17, 20, 25 и 32 мм. Имеется также окуляр с фокусным расстоянием 40 мм с полем зрения 38°. Удаление выходного зрачка в этой схеме составляет 0,7 фокусного расстояния окуляра, по этому пользоваться короткофокусными окулярами не очень удобно. Изображение по всему полю зрения хорошие, а все поверхности линз имеют многослойное просветление. Окуляры имеют резьбовую посадку под стандартные светофильтры и снабжены резиновыми наглазниками.

Вторая линейка - Широкоугольные (65°) окуляры с посадочным местом 1,25" и полем представляют собой пяти-линзовую систему типа Эрфле, отличающуюся от классической использованием стекол типа лантановый крон и тяжелый флинт, что позволяет улучшить качество изображения на краю поля зрения. Выпускаются окуляры с фокусным расстоянием 10, 15 и 20мм.



широкоугольники НПЗ

Все поверхности линз имеют многослойное просветляющее покрытие. Окуляры имеют резьбовую посадку под стандартные светофильтры, но лишены резинового наглазника. Данные окуляры плохо работают на короткофокусных телескопах.

Третий тип окуляров, выпускаемых на НПЗ - Сверхширокоугольные (80°) окуляры представляют собой шестилинзовую конструкцию. Качество изображения по всему полю зрения очень хорошее, но наблюдается небольшая дисторсия на краю. Удалением выходного зрачка от последней поверхности глазной линзы около половины фокусного расстояния. Окуляры плохо работают на короткофокусных телескопах и рекомендуются к применению с объективами, у которых относительный фокус не превышает значения  $f/5$ . Выпускаются окуляры с фокусными расстоянием 15 мм (1.25"), 20 мм (2") и 25 мм (2"). Все поверхности линз имеют многослойное просветляющее покрытие. Окуляры имеют резьбовую посадку под стандартные светофильтры, но также лишены наглазника.



Сверхширокоугольники производства НПЗ

### Soligor

Окуляры под такой торговой маркой на Украине появились самыми первыми в свободной продаже. Имеется две линейки окуляров.

Первая линейка содержит окуляры системы Плесла, и носят обозначения PL. В продаже бывают окуляры с фокусными расстояниями 4,6,9, 15, 32 мм. В целом качество изображения, даваемое окулярами неплохое, хотя на краю оно несколько ухудшается. Окуляры имеют однослойное просветления и дают небольшие блики при наблюдении планет. Все окуляры снабжены резиновыми наглазниками.



линейка ED окуляров с вынесенным зрачком

Вторая серия окуляров с обозначением ED состоит из крупного окуляра и линзы Барлоу, которые соединены в одном корпусе. Некоторые линзы изготовлены из высокодисперсионного стекла и имеют диаметр около 30 мм, а диаметр окуляра равен 40 мм. Окуляры имеют хороший вынос зрачка, одинаковый для всей линейки

и равный 20 мм. Поле зрения окуляров около 50 градусов. Окуляры снабжены резиновым наглазником и удобно лежат в руках.

Под торговой маркой Soligor выпускаются также и двухдюймовые окуляры.

### Synta Skywatcher

В настоящее время это самая известная фирма среди производителей недорогих телескопов и окуляров. Для того, что бы удовлетворить любым потребностям, фирмой выпускается шесть линеек окуляров:

Серия окуляров Плессла PL: Фактически это самые обычные окуляры системы Плессла, имеющие однослойное просветление и поле зрения, достигающее 50°. Такие окуляры выпускаются с фокусными расстояниями 6,3, 10 и 25мм. В целом такие окуляры не рекомендуются использовать.

Серия окуляров суперПлессла SP: На самом деле это такие же окуляры системы Плессла, как и в предыдущей серии, но все линзы имеют многослойное просветление, резиновый наглазник, зачернены торцы линз, что дает более высокое качество изображение и практически полное отсутствие бликов. Такие окуляры выпускаются с фокусными расстояниями 6.3, 7.5, 10, 12.5, 17, 20, 26, 32 и 40мм. Эти окуляры вполне можно использовать как бюджетные универсальные окуляры. Поле зрения у них также достигает 50°.

Широкоугольные окуляры UWA: Имеют довольно широкое поле зрения в 63-66° и состоят из пяти линз. Обеспечивают хорошее изображение по всему поля зрения вплоть до телескопов со светосилой F/5. Вынос зрачка у них также заметно больше, чем у окуляров серии Плесслов. Окуляры имеют многослойное просветление почти всех линз, но, увы, все равно могут присутствовать блики от ярких источников (Луны, например). Выпускаются окуляры таких фокусных расстояний: 6, 9, 15, и 20 мм.

Окуляры с вынесенным зрачком LE: Состоят из линзы Барлоу и ED-окуляра, а разные фокусные расстояния получаются благодаря изменению расстояния между линзой Барлоу и окуляром. У всех окуляров этой серии вынос составляет 20мм. В продаже имеются окуляры с таким эквивалентным фокусным расстоянием: 2, 5, 9, 15, 20, 25мм. Поле зрения самых короткофокусных окуляров 45°, у всех остальных около 50°. На удивление, окуляры Skywatcher с вынесенным зрачком слегка уступают таковым от Soligor.

Зум окуляры 7-21 и 8-24. Окуляр 7-21 имеет поле зрения, меняющееся от 36 до 24 градусов и наилучшее качество изображения при 21 мм положении. 8-24 окуляр стоит в полтора раза дороже, но зато представляет собой очень хороший пример зум-окуляра. При положении в 24 мм поле зрения около 36°, однако, оно быстро увеличивается с уменьшения фокусного расстояния и в положении 8мм достигает 64°. При этом качество изображения оказывается хорошим по всему полю.

SKY-APEX: Серия двухдюймовых окуляров.

### DeepSky

Как и у большинства оптических фирм имеется несколько серий окуляров. Не смотря на свою дешевизну, они имеют вполне достойное оптическое качество, однако, механическое качество у них несколько хуже, по сравнению с более

дорогими аналогами. По этой причине такими окулярами можно пользоваться, но нужно проявлять несколько большую аккуратность.

Серия окуляров Плёссл-500 – это обычные недорогие четырехлинзовые окуляры.

Серия широкоугольных окуляров с полем зрения  $72^\circ$  - это пятилинзовые окуляры, которые дают хорошее качество изображения по всему полю, хотя и обладают небольшой дисторсией. Окуляры этой серии с фокусными расстояниями 10, 15 и 20 мм имеют стандартную посадку 1.25", а окуляры с фокусным расстоянием в 32 мм – 2". Кроме этого имеется широкоугольные окуляры с посадкой 2" UWA80. Они имеют поле зрения  $80^\circ$  и фокусные расстояния 30мм. и F15мм. Кроме этого имеется аналог с фокусным расстояние в 11 мм и посадкой 1.25"



UWA 80 30мм. от DeepSky

Окуляры с вынесенным зрачком состоят из линзы Барлоу и ED-окуляра с фокусным расстоянием 30мм., а разные фокусные расстояния получаются благодаря изменению расстояния между линзой Барлоу и окуляром. У всех окуляров этой серии вынос составляет 20мм. Диаметр посадочной втулки этих окуляров 1.25". Диапазон фокусных расстояний в этой серии от 2.3 до 25мм. Имеется также 2" модель с фокусным расстоянием 30мм. Поле зрения данной серии окуляров 56-58 градусов по заявлению поставщика.

### Baader Planetarium

Baader Planetarium – немецкая оптическая компания, но, как и практически все компании, производит окуляры в Китае. Тем не менее, продукция с этой торговой маркой имеет хорошее качество изготовления, особенно механической части. Все оптические детали имеют многослойное просветление, и все торцы линз зачернены. Среди различной продукции под данной торговой маркой имеется три линейки окуляров:



Ортокскапические окуляры от Baader Planetarium

Genuine Ortho (OR) – классическая серия ортокскапических четырехлинзовых окуляров. Выпускаются окуляры с фокусными расстояниями 5, 6, 7, 9, 12.5 и 18мм. Как и у всех ортокскапических окуляров, у них маленькое ( $40^\circ$ ) поле зрения, но зато они имеют довольно большой вынос выходного зрачка, благодаря чему наблюдать с короткофокусными окулярами вполне комфортно, а малое количество линз делает такой окуляр незаменимым при наблюдении планет. Вторым важным положительным моментом является хорошее качество изображения на любых телескопах. Диаметр посадки -  $1,25''$ .

Eucliascopic (EU) – окуляры, состоящие из пяти линз и имеют умеренное ( $45^\circ$ ) поле зрения. Реально у среднефокусных окуляров поле зрения достигает  $50^\circ$ . Фирма-производитель рекомендует эти окуляры для всех видов наблюдений. Линейка окуляров имеет 3.5, 5, 7.5, 10, 15, 20, 25, 30 и 35мм окуляры. Вообще говоря, окуляр с фокусными расстоянием 3.5 и 5 мм имеет 7 линз в четырех группах.



Окуляр Hyperion Wide-Angle

Hyperion Wide-Angle (HYP) – широкоугольные окуляры с фокусными расстояниями 3,5, 5, 8, 13, 17 и 21мм. Поле зрения достигает по заявлению производителя  $68^\circ$ . Реально окуляр состоит из съемной линзы Барлоу и ортоскопического двухдюймового окуляра. Производитель рекламирует окуляр, как два в одном, тем не менее качество окуляра без линзы барлоу оставляет желать лучшего и использовать эти окуляры нужно только как одно целое.

### Vixen

Окуляры этой фирмы имеют отличное механическое и оптическое качество, но и цена у них также довольно высока. Окуляры стандартного ряда LV имеют поле зрения  $45^\circ$ . Широкоугольная серия LVW имеет поле зрения  $60^\circ$ , но зато поле зрения имеет резкое изображение по всему полю зрения.

### Celestron

Под этой торговой маркой продаются окуляры трех линеек.

В линейке окуляров E-Lux представлены окуляры эконом класса, среди которых есть как с диаметром посадочной втулки 1,25 дюйма, так и 2-х дюймовые окуляры. Окуляры эти собраны по 4-элементной схеме Плессла. Поверхности линз в этой серии имеют однослойное просветление, и торцы линз не зачернены. По этой причине можно рекомендовать воздержаться от покупки окуляров этой серии. Тем не менее, по сравнению с окулярами эконом класса других систем они имеют резиновые наглазники и внутреннюю резьбу для светофильтров.

Окуляры серии Omni более дорогие окуляры, но также собраны по схеме Плессла, тем не менее, эти окуляры уже имеют многослойное просветление всех оптических поверхностей и чернение краев линз.

Для наблюдателей планет выпускаются окуляры серии X-Cel. Это 6-элементные окуляры, в которых используется низкодисперсное ED-стекло. Все поверхности имеют многослойное просветление. Поле зрения таких окуляров составляет  $55^\circ$

градусов. По своей природе эти окуляры состоят из окуляра, имеющего 25-мм диаметр глазной линзы с выносом выходного зрачка 20 мм и линзу Барлоу.

### Pentax

Под этой торговой маркой производятся довольно дорогие, но очень качественные окуляры двух серий.

Серия ХО: состоит из окуляров с фокусными расстояниями 3.5, 5, 7, 10, 14, 20, 30 и 40мм. имеющих поле зрения 70°. У окуляров с фокусными расстояниями 30 и 40 мм посадка 2", у остальных 1 1/4". Устройство окуляров в зависимости от фокусного расстояния заметно меняется, тем не менее, благодаря применению отрицательного полевого компонента у всех окуляров обеспечивается вынос выходного зрачка 20 мм. У самых короткофокусных окуляров (3.5 и 5мм) имеется 8 линз в 5 группах, у 7 мм окуляра 8 линз собрано в 6 групп. Окуляры с 10мм, 14 мм и 30 мм фокусами состоят из 7 линз в шести группах. 20ти мм. окуляр собран из 6 линз в 4 группах, а у 40 мм окуляра 6 линз собрано в 5 групп. В нашем обзоре эти окуляры одни из самых тяжелых. Короткофокусные окуляры весят около 400 грамм, а двухдюймовые длиннофокусные окуляры – 720 грамм. Все окуляры работают на любых, даже короткофокусных телескопах.

**Серия ХО состоит из двух окуляров с фокусными расстояниями 2.58 и 5.10мм.** Эти окуляры имеют очень хороший контраст, но поле зрения их всего 44°. В 5.10мм окуляре содержится 5 линз в трех группах, а у более короткофокусного окуляра 6 линз. Оба окуляра рассчитаны на посадку в 1,25". Вынос выходного зрачка примерно в 1.3 раза больше фокусного расстояния, что делает их все же вполне комфортными для наблюдений.



Вот как выглядит ХО окуляр от Пентакса.

Все окуляры обеих серий имеют отличное многослойное просветление и отличное качество механики.

Примечание: У каждого производителя имеется своя линейка окуляров и свой набор фокусных расстояний. Вы не обязаны покупать окуляры той же фирмы, что и телескоп. К тому же не обязательно иметь окуляры только одной фирмы. Например, Вы можете купить поисковый окуляр DeepSky 32мм. 2" и дорогой короткофокусный планетный окуляр фирмы Vixen или Baader.

### Линза Барлоу и ее возможности



типичная линза Барлоу

Линза Барлоу была названа в честь предложившего ее англичанина Питера Барлоу – известного оптика и математика 19 века. Предложенная им отрицательная линза для увеличения фокусного расстояния системы в наше время стала одной из самых полезных принадлежностей, которые любители астрономии приобретают для работы с окулярами. Линза Барлоу представляет собой трубочку, на одном конце которой находится отрицательная линза и группа линз с отрицательным фокусным расстоянием. Барлоу устанавливают, как правило, между фокусером телескопа и окуляром, хотя на рефракторах и менисковых телескопах ее еще иногда устанавливают между фокусером и диагональным зеркалом или диагональным зеркалом и окуляром. Поскольку линза Барлоу имеет отрицательное фокусное расстояние, она увеличивает фокусное расстояние телескопа, а значит и увеличивает увеличение окуляра. Как правило, линза Барлоу имеет фиксированную длину, определяет более-менее стандартный коэффициент увеличения окуляра. Этот коэффициент обычно обозначен на самой линзе и обычно этот коэффициент лежит в диапазоне от 1.5X до 5X или больше. 2X-Барлоу, например, фактически удваивает увеличение любого окуляра, с которым она используется. Существуют линзы Барлоу с переменным увеличением, но они имеют обычно более низкое качество по сравнению с фиксированными Барлоу. Тем не менее, имея обычную Барлоу можно увеличить ее коэффициент увеличения, используя удлинительную трубку. Например, в телескопе ТАЛ-75R в комплекте идет линза Барлоу 2X и удлинительное кольцо, превращающее ее в 3X.

Так же, как и окуляры, линзы Барлоу имеют разные посадки и встречаются помимо 1.25" посадки и линзы Барлоу с посадкой 2". Модели с посадкой в 1.25" заметно популярнее, поскольку они имеют более низкую цену, а при больших увеличениях, которые такие линзы обеспечивают для получения большого поля зрения достаточно окуляров с посадкой 1.25".

Использование линзы Барлоу имеет целый ряд преимуществ:

*Удвоение числа возможных увеличений.*

Наверно самая важная причина, побуждающая любителей купить линзу Барлоу – это получить широкий диапазон увеличений с меньшим количеством окуляром. Покупка одной Барлоу как бы удваивает число Ваших окуляров. Например, если Вы имеете окуляры с фокусным расстоянием 32мм, 20мм, и 12мм, используя 2X-Барлоу, Вы добавите эквивалент 16мм, 10мм, и 6мм окуляров к вашей коллекции. Поскольку хорошая линза Барлоу стоит не больше, чем средний окуляр такого же качества, это - чрезвычайно эффективный способ расширить набор доступных увеличений.

*Легко получить большие увеличения.*

Короткофокусные телескопы типа короткофокусных рефракторов или крупных телескопов на монтировке Добсона, требуют, чтобы для получения разрешающего увеличения использовались очень короткофокусные окуляры. Например, Вы нуждаетесь в 2.5мм. окуляр, чтобы получить 160X с 80mm f/5 апохромате или 3мм окуляр, чтобы достигнуть 400X с восьмидюймовым телескопом на монтировке Добсона и светосилой f/6 . Недорогие окуляры с такими фокусными расстояниями практически непригодны из-за их крошечных глазных линз, которые трудно изготовить с должным качеством и очень маленького выноса зрачка. Используя Барлоу с более длиннофокусным окуляром Вы достигните больших увеличений с более комфортным выносом зрачка.

*Улучшение качества изображения на короткофокусных телескопах.*

Увеличивая фокусное расстояние телескопа, Барлоу также уменьшает его светосилу. Например, используя 2X Барлоу с 250мм f/5 телескопом (фокусное расстояние равно 1250мм) мы фактически преобразовываем телескоп с возможностями 250mm f/10 возможности (фокусное расстояние равно 2500мм). Поскольку только довольно дорогие окуляры дают хорошее качество изображения на телескопах с большой светосилой из-за наличия довольно косых лучей, линза Барлоу делает конус лучей более острым и требования к качеству окуляров заметно снизятся. Так, например, чтобы получить 125X с 250мм телескопом f/5 Вам нужно использовать 10мм окуляр или его Барлоу эквивалент. Если Вы хотите использовать широкоугольный 10мм окуляр, Вам придется хорошо поискать, что бы найти такой окуляр, работающий с такой большой светосилой, да и стоит он будет немало. Если же Вы используете 2X-Барлоу, Вы можете использовать гораздо более дешевый широкоугольный 20мм и получать превосходное качество изображения.

*Увеличить комфорт наблюдений*

Очень многие окуляры имеют вынос зрачка порядка 60 % или 70 % от их фокусного расстояния. 32мм окуляр системы Плессла имеет вынос зрачка 20мм, 20мм Плессл имеет вынос 12мм, а 10mm Плессл обеспечит вынос только 6мм. Многие наблюдатели заметили, что использование окуляров с выносом менее 12 мм становится некомфортным. По этому, если Вы используете с линзой Барлоу более длиннофокусный окуляр, вы получите больший вынос выходного зрачка. Так

используя 32 мм Плёссл и 3х Барлоу, мы получим тоже увеличение, что и с 11 мм Плёсслом, но обеспечим вынос выходного зрачка в 20 мм.

#### *Улучшение работы фильтров*

Многие узкополосные фильтры, типа УНС или ОШ дают больший эффект на длиннофокусных телескопах, где лучи от объектива падают почти перпендикулярно. Фильтры на телескопах  $f/5$  или еще более светосильных работают заметно хуже, поскольку лучи падают на фильтр под более косым углом и это вызывает смещение полосы пропускания. Для повышения эффективности фильтров можно использовать их совместно с линзой Барлоу.

Существует два типа Барлоу.

- Стандартные Барлоу. Такие экземпляры имеют слабую отрицательную линзу и длинную трубку (до 12-15 см длиной). Такие длинные Барлоу используются в телескопах системы Ньютона. Такую Барлоу можно использовать и в линзовых (менисковых) телескопах совместно с диагональным зеркалом, вставляя ее между телескопом и диагональю или между диагональю и окуляром. В первом случае увеличение линзы Барлоу окажется несколько больше, чем во втором случае и чем указано на ее корпусе. Некоторые линзы Барлоу вторым способом вообще использовать не удастся, поскольку ее передний конец упрется в диагональное зеркало. Вторым недостатком длинных Барлоу – для их использования требуется довольно большой ход фокусирующего узла, что не всегда возможно в телескопах системы Ньютона.
- Короткие Барлоу - приблизительно в два раза короче стандартных Барлоу и могут использоваться в любых телескопах. Хотя стандартные и короткие Барлоу сопоставимого качества стоят примерно одинаково, они имеют существенную разницу в оптике. Более короткая трубка короткой Барлоу приводит к необходимости использовать более сильную отрицательную склейку линз, чтобы достигнуть того же самого увеличения, что и у более длинной Барлоу. Это имеет три неудобства: более низкое качество изображения вызванное увеличенным хроматизмом, виньетирование поля зрения и больший разброс реального увеличения эквивалентного фокусного расстояния для разных людей.



Пример короткой линзы Барлоу – Celestron Ultima

Можно также встретить еще одну разновидность линзы Барлоу - Powermate – это как бы сдвоенная линза Барлоу. Связка двух блоков призвана ограничить

виньетирование, но в целом такая линза дает несколько худшее изображение, чем обычная Барлоу.

Существует в продаже довольно дешевые линзы Барлоу, но разумно было бы избежать покупки некачественной линзы Барлоу. Ведь линза Барлоу Вы будете использовать с разными окулярами и на протяжении длительного периода времени. К тому же разница между качественной и некачественной Барлоу не так уж и высока.

Очень часто в интернет магазинах можно найти информацию о наличии так называемых «апохроматических» линз Барлоу, содержащих три линзы. На самом деле продажа таких линз является ничем иным, как маркетинговым обманом. Глаз не в состоянии отличить используемую качественную двухлинзовую и трехлинзовую Барлоу, зато в состоянии отличить качественно сделанную Барлоу от некачественной. Качество линзы Барлоу определяется качеством полировки линз, покрытиями и качеством механики, обеспечивающей перпендикулярность всех линз оптической оси. Есть превосходные Барлоу с 2 элементами, и отвратительные Барлоу с 3 элементами.

Не смотря на совет о наиболее рациональном выборе именно 2х Барлоу, реально кратность увеличения линзы Барлоу Вы должны подбирать с учетом уже имеющихся у Вас окуляров. Расчет должен быть таким, что бы увеличения не дублировались.

Если Вы имеете две линзы Барлоу, Вы можете установить их последовательно, чтобы достигнуть "неразумно больших увеличений" в такие ночи, когда атмосфера достаточно устойчива, чтобы выдержать такое издевательство. Это случается редко, но когда это случится, складывая две Барлоу, Вы можете попробовать посмотреть на Юпитер при 800X или наблюдать Луну при 1200X. Такие большие увеличения полезны и при наблюдении двойных звезд.

### **А теперь формируем комплект окуляров**

Для большинства любителей астрономии при формировании их коллекции окуляров характерно стандартное поведение. Большинство любителей начинают наблюдения при помощи окуляров, которые шли в комплекте к телескопу. Через некоторое время все приходит к мысли, что они нуждаются в большем числе окуляров. Выбор огромен: полный спектр фокусных расстояний, большее поле зрения, более комфортный вынос выходного зрачка. И многие любители покупают окуляры, много дешевых окуляров, надеясь найти то, что они хотят. И вот такой любитель попадает на астрофорум (астрофест) и т.п. и первый раз посмотрит на небо через качественный и дорогой окуляр. Желание иметь такой же берет верх и рано или поздно покупка произойдет. Все, любитель влип. Теперь он будет стараться купить всю линейку таких окуляров, а через некоторое время в ящичке для окуляров помимо нескольких высококачественных окуляров будет болтаться целая груда уже неиспользуемых дешевых окуляров. Может лучше всего пропустить фазу покупки ненужных окуляров?

Возможно, вы не очень богаты, и мысль о покупке окуляров за 50\$ или 100\$ является для Вас пугающей. Но Вам не нужно иметь много окуляров. Наиболее опытные любители астрономии используют три или четыре окуляра регулярно, а если Вы имеете хорошую линзу Барлоу, то, вероятно, сможете вполне обойтись

двумя или даже одним окуляром. Так, например телескоп ТАЛ75R комплектуется одним окуляром 12.5мм, линзой Барлоу 2х и переходной трубкой, превращающей 2х Барлоу в 3х. Поскольку фокусное расстояние телескопа 625мм, то, используя окуляр 12.5 мм мы получим 50х. Вместе с линзой Барлоу 2х это даст 100х, а с переходной трубкой – 150х.

А вот какие варианты предлагаются в Звездочете №12 за 2001 год:

	Линза Барлоу 1.4х		Линза Барлоу 2х		Линза Барлоу 2.8х		Линза Барлоу 3х	
	вариант	F(экв.)	вариант	F(экв.)	вариант	F(экв.)	вариант	F(экв.)
2 окуляр а и линза Барлоу	10+1.4	7	10+2х	5	10+2.8	3.6	10+3х	3.3
	х	10	14+2х	7	х	5	15+3х	5
	10	14	10	10	14+2.8	10	10	10
	20+1.4	20	14	14	х	14	15	15
	х				10			
	20				14			
	10+1.4	7	10+2х	5	10+2.8	3.6	10+3х	3.3
	х	10	10	10	х	7.1	20+3х	7.1
10	20	28+2х	14	20+2.8	10	10	10	
28+1.4	28	28	28	х	20	20	20	
х				10				
28				20				
3 Окуляр а и линза Барлоу	10+1.4	7	10+2х	5	10+2.8	3.6	10+3х	3.3
	х	10	14+2х	7	х	5	15+3х	5
	10	14	10	10	14+2.8	7	21+3х	7
	20+1.4	20	14	14	х	10	10	10
	х	28	40+2х	20	20+2.8	14	15	15
	20	40	40	40	х	20	21	21
	40+1.4				10			
	х				14			
40				20				

Данная схема описывает лишь некоторые возможные комбинации. Можно очень долго описывать разные схемы выбора комплекта окуляров, но все равно всем не угодить. Да и каждый может себе подобрать свою собственную коллекцию, используя такие принципы:

1. Стремитесь к тому, что бы в оконченном варианте каждое последующее доступное увеличение было примерно на 40-60% больше предыдущего. Примером оптимальной линейки увеличений для 114 мм телескопа может служить такой набор: 20х, 30х, 45х, 70х, 115х, 175х
2. Если вы не ограничены в деньгах, то просто купите себе те окуляры, в которых Вы нуждаетесь. Если же лишних денег нет, то первым приобретением должна стать качественная 2X Барлоу.

3. Если вы не ограничены в деньгах, то купите себе по настоящему хорошие, качественные и дорогие окуляры. Если же лишних денег нет, то, хорошо подумав, купите себе разумный набор из достаточно качественных, пусть и не очень дорогих окуляров. Помните. Лучше иметь два-три хороших окуляра, чем целую кучу дешевых и некачественных окуляров.
4. Любый любитель астрономии, купив телескоп, будет нуждаться в окуляре с малым увеличением и большим полем зрения. Такой окуляр часто называют поисковым. Как правило, такой поисковый окуляр уже идет в комплекте к телескопу. При малых увеличениях нет необходимости в использовании дорогих окуляров и если такого окуляра у Вас нет, купите себе недорогой, но не совсем «убитый» окуляр. Хорошим вариантом будет широкоугольный или симметричный окуляр DeepSky или Плэссл от Синты.
5. Вашим первым хорошим окуляром вполне может стать окуляр умеренного фокусного расстояния, который совместно с линзой Барлоу даст достаточно большое увеличение. Такой окуляр станет настоящей рабочей лошадкой. Если у Вас уже есть линза Барлоу 2х, то увеличение с таким окуляром по возможности должно быть равно примерно половине (0.4-0.65) диаметра телескопа, выраженного в миллиметрах, но не более чем 130-150х. Так для 150мм телескопа такой окуляр должен давать увеличение порядка 60-90х. Для 200 мм телескопа таким рабочим увеличением будет 90-130х. В случае если Вы планируете обойтись только одним таким окуляром и 2X Барлоу довольно продолжительное время, увеличение лучше выбрать в районе верхней границы диапазона.
6. Для любого телескопа, не зависимо оттого, что написано на упаковке, существует верхний предел разумных увеличений. Для телескопов до 200 мм максимальное полезное усиление обычно принимают равным  $1.4D$ , где  $D$  – диаметр телескопа. Для маленьких телескопов с диаметром объектива до 100 мм считают максимальным разумным увеличением равное удвоенному диаметру телескопа в миллиметрах. Телескопы с 200 мм объективами и больше уже больше зависят от атмосферной неоднородности. И для них максимальное полезное усиление ограничено 250X или 300X в зависимости от места наблюдения. Тем не менее, при наличии достаточных средств Вы можете прикупить окуляр, который дает вместе с Барлоу большие увеличения, поскольку очень редко все-таки выпадают ночи, когда можно наблюдать при больших увеличениях.
7. Если Вы уже купили один хороший окуляр, воспользовавшись советом 5, покупая второй окуляр, стремитесь к тому, что бы он был близок ко второй границе диапазона. Если Вы купили окуляр, дающий увеличение 130х, для телескопа с объективом 200мм, то второй окуляр должен давать увеличение порядка 90х. В этом случае Вы получите такую линейку увеличений: 90х, 130х, 180х, 260х.
8. Если хорошие широкоугольные окуляры для Вас слишком дороги (или вы используете недорогой и короткофокусный телескоп), купите себе по этой же схеме хорошую линзу Барлоу и окуляры системы Плэссла. Поле зрения у них порядка 50 градусов, но качество изображения достаточно хорошее.

9. Если Вы носите очки для исправления близорукости или дальнозоркости, то Вы вполне можете наблюдать через окуляр без очков. Но если Ваши очки исправляют астигматизм, то Вам придется покупать окуляры с большим выносом зрачка.
10. Вполне возможна ситуация, что у Вас поисковый окуляр вместе с линзой Барлоу уже обеспечивает рекомендованное в советах 5 и 7 увеличение. В этом случае выберите для покупки окуляра такое увеличение, которое будет больше, чем даваемое комбинацией поисковый окуляр + линза Барлоу. Например, если у Вас поисковый окуляр обеспечивает 25x, а с линзой Барлоу он дает 50x, то разумнее всего купить окуляр, дающий 65x.
11. Стремитесь также к тому, что бы набор увеличений окуляров с Барлоу и без не перекрывался. Например, если Ваши окуляры дают увеличению 50x и 100x и у Вас есть Барлоу 2x, то Вы получите дублирование увеличения 100x.
12. Вполне возможно, что Вы получили телескоп в подарок или не уверены в том, насколько интересно будет Вам наблюдать. В таком случае не рекомендуем Вам бежать в астрوماгазин за окулярами. Вполне достаточно купить линзу Барлоу 2x и использовать те окуляры, которые уже шли в комплекте. Со временем Вы сами решите для себя, насколько Вам интересно такое хобби, как астрономия, и каких окуляров Вам не хватает.
13. Эскадра плывет со скоростью самого медленного корабля, а оптическое качество системы атмосфера+телескоп+окуляр+глаз работает с качеством наихудшего компонента. По этой причине не стоит покупать дорогих и качественных окуляров к телескопу, в котором установлен дешевый и посредственный объектив. Не имеет смысла использовать сверширокоугольные окуляры в «быстром» короткофокусном Ньютоне. Глаз также далеко не идеальный оптический прибор и имеет значительное рассеяние света, а у многих еще и заметный астигматизм. В этом случае длиннофокусные окуляры не очень высокого качества Вы не сможете отличить от самых дорогих. К тому же, как правило, качество окуляров с ростом цены растет по логарифмическому закону. Это значит, что если Вы сможете увидеть отличия между окуляром за 10\$ и 50\$, маловероятно, что Вы заметите разницу между окуляром за 50\$ и 250\$.