

Мы печатаем очередную часть материалов из учебного пособия “Все об очках” компании Ноуа. Пособие содержит разделы: Оптическая система глаза, Основы геометрической оптики, Оправы и др. Материалы из этого пособия, которые будут опубликованы в нашей новой рубрике “Факультет Ноуа”, окажутся полезными как начинающим специалистам, только приступающим к работе с очковой оптикой, так и врачам, оптикам и оптометристам, уже имеющим определенный опыт работы, которым наши статьи помогут вспомнить основы оптики. Полагаем, эти материалы будут хорошим дополнением к уже опубликованным нами обучающим материалам. Материалы предоставлены фирмой “Компания Гранд Вижн”. Предыдущие части пособия были опубликованы в журнале “Вестник оптометрии” №1-7 2009, №1 2010.

Все об очках

II. ОСНОВЫ ОПТИКИ ЛИНЗ

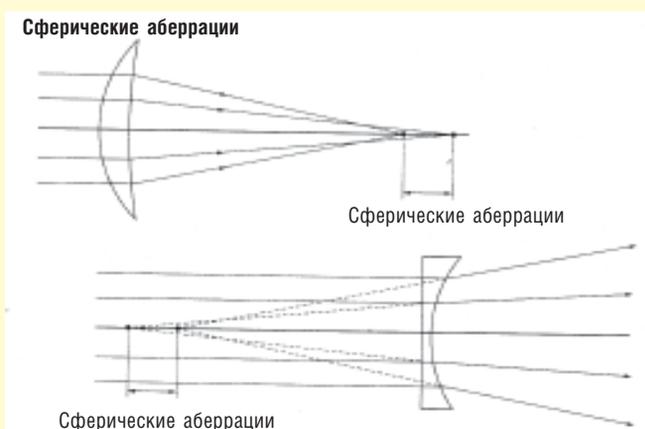
6. Аберрации линз

Линзы, способные собирать свет, исходящий из точечного источника света, и формировать точечное изображение, совершенствуются. Но, к сожалению, любой линзе присущи оптические искажения (абберации), которые Зейдель (Seidel) классифицировал по пяти типам.

[1] Пять основных типов аббераций по Зейделю

(1) Сферические абберации. Разница в положении фокальных точек в зависимости от зоны прохождения лучей через линзу.

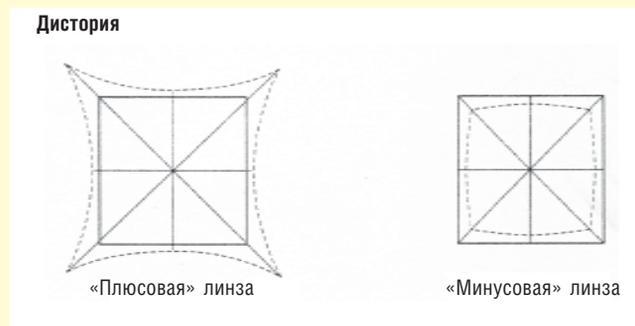
Эти абберации присущи всем линзам, имеющим конечную толщину. Они возникают из-за того, что лучи, исходящие из точечного источника света, собираются в слегка различающихся точках, в зависимости от того, через какую область линзы лучи света проходили: через центральную или через периферическую. В то время как сферические



абerrации в объективе фотокамеры определяются всей поверхностью, сферические абerrации очковых линз зависят от диаметра зрачка глаза. Поскольку диаметр зрачка глаза человека очень мал (не более 6 мм), то сферические абerrации не являются главной проблемой для очковых линз.

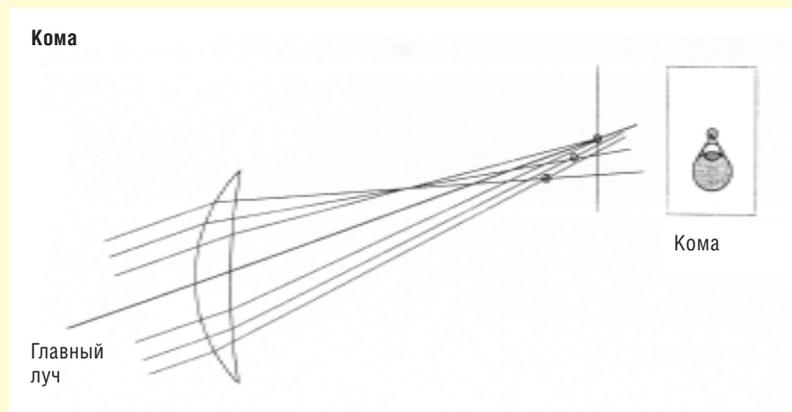
(2) Дисторсия: непропорциональный призматический эффект

Дисторсия – это такая абerrация, при которой изменяется форма объекта. Изображение квадрата, наблюдаемого через линзу с дисторсией, будет таким, как показано на рисунке, причем для положительных и отрицательных линз изображения квадрата будут различными. Для оценки призматического эффекта в определенной точке линзы обычно используют правило Прентиса: $P = h \times D/10$. Здесь P – призматический эффект (в призмменных диоптриях, пр. дптр, D), h – расстояние от оптического центра линзы до данной точки (мм), D – оптическая сила линзы (дптр, D). Однако эта формула получена для идеальной линзы, в которой P всегда пропорциональна h (дисторсия отсутствует). Однако некоторая степень дисторсии всегда присутствует в сферических линзах, и чем больше расстояние от центра, тем больше отклонение призматического эффекта от величины, рассчитанной по закону Прентиса.



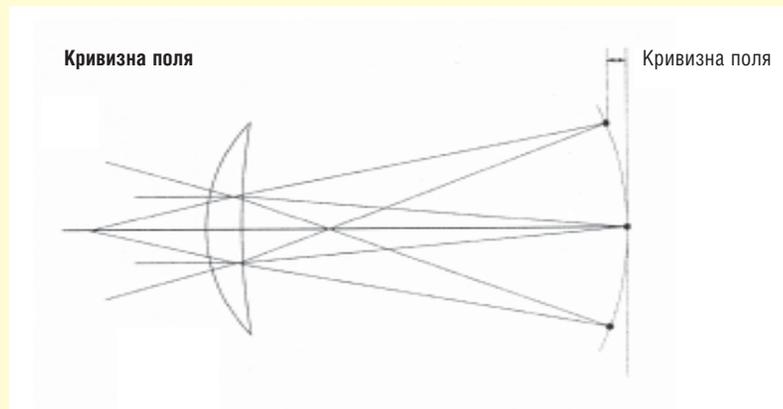
(3) Кома: смещение изображения из-за наклонного положения линзы

Как показано на рисунке, кома – это следствие различного преломления световых лучей, проходящих через разные зоны линзы под косым углом. Кома-абerrация дает изображение, похожее на комету. Кома-абerrация характеризуется тем, что изображение сдвигается тем дальше, чем больший угол наклона имеют лучи, проходящие через разные области линзы. Полагают, что этот эффект обусловлен сферической абerrацией. Действительно, устранение сферических абerrаций приводит к уменьшению комы. Причина появления комы в том, что зрительная ось не перпендикулярна поверхности линзы. Другими словами, кома является проблемой для периферической зоны линзы, имеющей даже небольшую кривизну. Однако, кома, также как и сферические абerrации, в реальности не является большой проблемой для очковых линз, из-за малого размера зрачка.



(4) Кривизна поля изображения: несовпадение положения фокусов в центре и на периферии

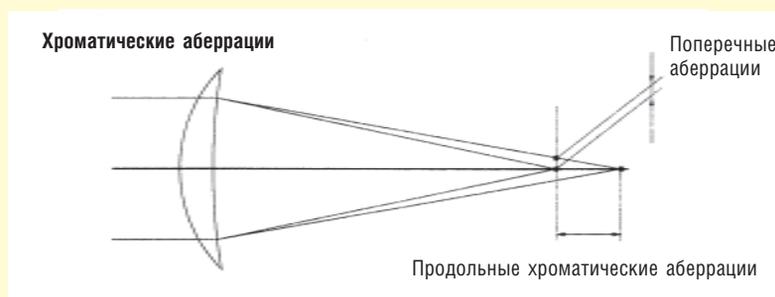
При использовании линз с абerrацией кривизны поля, изображение плоских объектов уже не будет лежать в одной плоскости. Т.е. изображение плоской поверхности искривляется и перестает быть плоским (см. рисунок). Причем ситуация для глаз отличается от характера искажений в объективе фотокамеры. Когда мы смотрим через периферическую зону линзы, благодаря вращению глазного яблока изображение идеально плоского объекта, удаленного на бесконечность, находится на сферической поверхности, центром которой является центр вращения глазного яблока. В очковых линзах отклонение точек изображения на эту сферическую поверхность часто принимают за ошибку оптической силы вдоль зрительной линии, проходящей через периферию линзы, а не за



кривизну поля изображения. Асферические и прогрессивные линзы контролируют aberrации кривизны поля изображения.

(5) Астигматизм косых пучков: разница в положении фокальных точек.

В линзах с этим типом aberrаций свет, проходящий через линзу в стороне от оптической оси, не фокусируется в одной точке. В таком случае, в зависимости от расстояния от линзы, изображения точки приобретают форму эллипса, круга или отрезка. Отметим, что астигматическая линза – это линза, которая преднамеренно формирует положение фокальных линий, но это не является астигматической aberrацией. Астигматические линзы предназначены для коррекции астигматизма, и их название не означает наличия в них астигматических aberrаций. Астигматические aberrации очковых линз – это aberrации, возникающие при определенных условиях, когда взгляд проходит через периферические зоны линз большой оптической силы. По теории дизайна очковой линзы существует так называемый «эллипс Чернинга», который определяет условия отсутствия астигматических aberrаций. Асферические и прогрессивные линзы контролируют aberrации астигматизма косых пучков.



[2] Хроматические aberrации

Преломление света, проходящего через прозрачный материал очковой линзы, зависит от длины волны, и в соответствии с этой разницей длин волн света формируются различные изображения. Эти цветовые искажения называются хроматическими aberrациями, которые бывают осевыми (продольными) и поперечными (увеличивающими). При продольных хроматических aberrациях изображения вдоль оптической оси не совпадают по цвету, в то время как при поперечных хроматических aberrациях отмечается разница в размере изображений в соответствии с разницей в цвете. Однако, как показано на рисунке, продольные и поперечные хроматические aberrации – это параметры одной хроматической aberrации, отражающие различные ее проявления. В основе красно-зеленого теста, применяемого при исследовании рефракции, лежат осевые хроматические aberrации глаза. В то время как поперечные хроматические aberrации очковых линз приводят к возникновению цветных контуров и периферической дисторсии цвета при рассматривании объектов через периферические зоны линз высокой оптической силы.