

Учет в оптическом дизайне положения ношения очковых линз

Д.Мейстер, специалист Carl Zeiss Vision

Понимание положения ношения очковых линз

Под положением ношения очковых линз понимают положение и ориентацию очковых линз в оправе относительно зрительной системы пользователя этими очками. Поскольку оптические эффекты связаны с преломлением световых лучей при прохождении через линзу, то положение ношения линзы очень важно для зрения пользователя очками. Если линия взгляда проходит под углом к оптической оси линзы, то будет наблюдаться *астигматизм косых (наклонных) пучков*. Астигматизм косых пучков приводит к нежелательным изменениям рецептурных значений силы сферы и цилиндра, которые пользователь очками ощутит как плохое зрение. Астигматизм косых пучков возникает либо когда линза наклонена в положении ношения, либо когда пользователь смотрит на объект через периферическую зону линзы. В обоих случаях линия взгляда образует некоторый угол с оптической осью линзы (рис.1).

На протяжении последнего столетия основные усилия разработчиков оптических дизайнов были направлены на минимизирование астигматизма косых пучков, возникающего при взгляде через периферию линзы, чтобы предоставить пользователю очками широкое поле четкого зрения. Меньшее внимание уделялось проблеме астигматизма косых пучков, связанного с наклонным положением линзы при ношении очков. Традиционные *линзы наилучших форм* и *асферические линзы* базируются на осесимметричных дизайнах, которые способны полностью корригировать ошибки оптической силы, связанные с астигматизмом косых пучков, только когда рецепт предписывает небольшой цилиндр и линза в положении ношения имеет незначительный наклон. Более того, из-за сложности вычислений, требуемых от оптиков, для внесения изменений в параметры рецепта на линзы для учета положения ношения, особенно угла наклона линзы, такими расчетами в прошлом чаще всего пренебрегали.

Являясь дальнейшим развитием осесимметричных дизайнов, применяемых для однофокальных

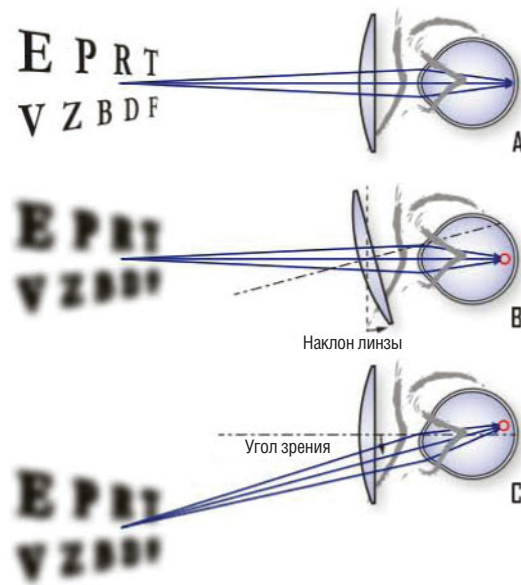


Рис. 1. Астигматизм косых пучков не возникает, когда линия взгляда параллельна оптической оси очковой линзы (А). Однако, когда линия взгляда проходит под углом к оптической оси линзы (если: В - линза наклонена, С - пользователь смотрит через периферию линзы), то будет наблюдаться астигматизм косых пучков, который пользователь ощутит как изменение рецептурных значений силы сферы и цилиндра.

линз, оптические дизайны некоторых современных прогрессивных линз оптимизированы для среднестатистического положения ношения, обеспечивая повышенное качество зрения для большинства пользователей. Это предполагает тонкую настройку оптического дизайна линз путем моделирования прохождения лучей через систему линза-глаз. В последние годы объединение улучшенных методик измерений индивидуальных параметров пользователей с технологией FreeForm обработки поверхности линзы сделало возможным оптимизацию оптического дизайна очковых линз для конкретного пользователя с учетом точного положения ношения линз и предписанных параметров рефракции еще до этапа изготовления линз. Эти ставшие доступными техно-

логии позволяют FreeForm лабораториям, имеющим достаточно продвинутое программное обеспечение для расчета оптических дизайнов, рассчитывать оптимальные оптические дизайны однофокальных и прогрессивных линз для конкретного пользователя очками. Поэтому, в связи с появлением возможности предоставить пользователям более высокое качество зрения с помощью более дорогих линз, но имеющих при этом более совершенные оптические дизайны, возрос интерес к оптическим принципам и вопросам практического применения, связанным с положением ношения линз.

Определение положения ношения

Поскольку очковые линзы устанавливают в очковую оправу, то их ориентация или «наклон» относительно глаз пользователя является результатом суммирования наклона рамки оправы, находящейся на лице пользователя, и наклона готовых линз относительно этой рамки, в которую установлены линзы. На практике прямо измерить наклон очковой линзы относительно глаз пользователя трудно по ряду причин:

- В новые очковые оправы установлены демо-линзы, у которых профиль толщины и кривизна поверхностей не соответствуют параметрам готовых рецептурных линз.

- Поскольку большинство очковых линз выпускаются в форме мениска (выпуклая передняя поверхность, вогнутая задняя), то децентрация линзы также влияет на наклон линзы, поскольку оптическая ось сдвигается на угол (рис.2)¹:

$$Tilt = \arcsin(Dec/R_f)$$

- Из-за сложной геометрии некоторых типов линз (например, прогрессивных или с призматическим компонентом) бывает трудно определить или четко измерить наклон самой линзы или положение ее оптической оси.

Следовательно, оптики обычно измеряют наклон очковой оправы, а не наклон самой линзы. Для FreeForm линз, дизайн которых рассчитывается с учетом положения ношения, в качестве исходных параметров часто берется наклон оправы, который далее, когда определяется геометрия готовой линзы, конвертируется в наклон линзы в положении ношения для конкретного пользователя. После того, как определено положение линзы относительно глаза пользователя, применяется трассировка световых лучей для создания модели оптической системы глаз-линза.

Поскольку глаз постоянно находится в движении, ориентация стационарной очковой линзы по отношению к подвижной оптической системе пользователя описывается относительно определенного базового (референтного) направления взгляда. Направление взгляда задается линией, соединяющей точку фиксируемого взглядом объекта и центр вращения глаза, которая также называется осью фиксации².

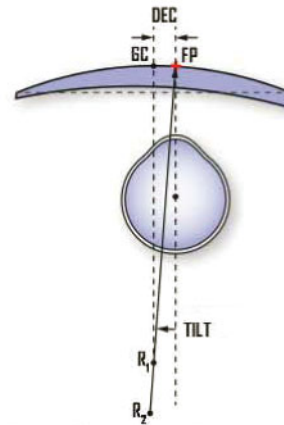


Рис. 2. Децентрация линзы, имеющей форму мениска, от геометрического центра апертуры линзы (GC) к установочной метке (FP) приводит к наклону линзы (Tilt) (R_1 и R_2 – радиусы кривизны поверхностей линзы)

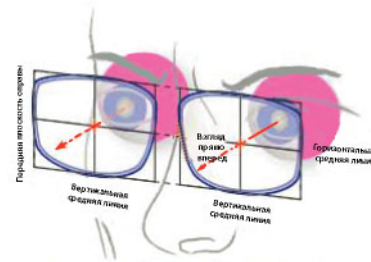


Рис. 3. Если плоскость оправы не наклонена, то вертикальные и горизонтальные средние линии обоих световых проемов будут параллельны плоскости оправы, а линии взгляда будут перпендикулярны к световым проемам. На рис. установочные метки для простоты расположены в геометрических центрах световых проемов, хотя взаимное расположение линий взгляда и плоскостей световых проемов сохраняется при взгляде прямо вперед и в случаях другого положения установочных меток.

Взглядом прямо вперед (*primary gaze*) называется направление взгляда, когда пользователь смотрит прямо вперед на удаленный объект, а его голова и плечи при этом находятся в вертикальном положении³. Очковые линзы обычно подбирают пациенту при взгляде прямо вперед.

Передней плоскостью оправы называют плоскость, проходящую через средние вертикальные линии световых проемов оправы. Если плоскость оправы не изогнута, то вертикальные и горизонтальные средние линии обоих световых проемов будут параллельны плоскости оправы. Более того, в этом случае при взгляде прямо вперед (в положении *primary gaze*) линии взгляда будут перпендикулярны к световым проемам (рис.3). Индивидуальные линзы обычно устанавливают по центру зрачка глаза в положении взгляда пациента прямо вперед, чтобы линия фиксации (линия

взгляда) проходила через установочную метку линзы.*

Положение ношения линзы можно определить как положение и ориентацию установленной в оправу готовой линзы относительно глаза при взгляде прямо вперед (в положении *primary gaze*). Ориентацию очковой линзы обычно определяют как ориентацию светового проема оправы, в котором установлена линза, по отношению к фронтальной референтной плоскости, которая перпендикулярна линии взгляда при взгляде прямо вперед. При отсутствии пантоскопического наклона передняя плоскость оправы (проходящая через вертикальные средние линии световых проемов) будет параллельна этой фронтальной референтной плоскости.

Положение очковой линзы относительно глаза обычно задают (*задним*) вертексным расстоянием линзы, т.е. расстоянием вдоль линии взгляда от вершины роговицы глаза до задней поверхности линзы. Вертексное расстояние может быть определено вдоль линии взгляда, проходящей перпендикулярно передней плоскости оправы, или при взгляде прямо вперед, в зависимости от требования дизайнера линз. Таким образом, положение ношения описывается тремя параметрами подбора линз, связанными с наклоном оправы и положением линзы (рис.4).

В соответствии со стандартом ISO 13666⁴ эти параметры определяются следующим образом:

- Пантоскопический угол – вертикальный угол между передней плоскостью оправы и вертикальной плоскостью, расположенной перпендикулярно к линии взгляда при взгляде прямо вперед (образуемый в результате вращения передней плоскости оправы относительно горизонтальной оси X).

- Угол изгиба оправы (*face-form tilt*) – горизонтальный угол между горизонтальной средней линией светового проема и передней плоскостью оправы (образуемый в результате вращения светового проема относительно вертикальной оси Y на передней плоскости оправы).

- Заднее вертексное расстояние – расстояние вдоль линии взгляда от вершины роговицы до задней поверхности линзы, когда линия взгляда пер-

пендикулярна передней плоскости оправы или при взгляде прямо вперед (в положении *primary gaze*).

Пантоскопический угол будет положительным, когда нижний край светового проема наклонен к лицу. Пантоскопический угол будет отрицательным (ретроскопический наклон), когда нижний край светового проема отодвинут от лица. Угол изгиба оправы будет положительным, если наружный (темпоральный) край светового проема наклонен к лицу. Угол изгиба оправы будет отрицательным, если наружный край светового проема удален от лица. Вертексное расстояние всегда положительное. Отметим, что дизайнеров при расчете трассировки световых лучей в модели линза-глаз интересует конечное расстояние от линзы до центра вращения глаза, а не вертексное расстояние. Следовательно, если это расстояние не измеряется непосредственно, то для его получения используются некоторые приближенные оценки.

Следует иметь в виду, что, когда оправа надета на лицо, пантоскопический наклон оправы, которая имеет угол изгиба оправы, вызывает некоторое вращательное смещение горизонтальной средней линии светового проема – следовательно, и разметочной линии 180° готовой линзы – из горизонтальной плоскости. Когда оправа трассируется для обработки линзы по краю, трейсер не учитывает пантоскопический наклон. Когда пользователь надевает оправу с готовыми линзами, пантоскопический угол поворачивает переднюю плоскость оправы вокруг горизонтальной оси X, в то время как угол изгиба плоскости оправы и ориентация обработанной по краю линзы остаются неизменными по отношению к наклоненной передней плоскости оправы.

Влияние на качество зрения в готовых очках особенностей положения линз в оправе на лице пользователя сегодня при расчете индивидуального оптического дизайна учитываются с помощью сложных математических вычислений, реализованных в виде компьютерных программ.

В следующей части будет рассмотрен процесс измерения параметров положения ношения линзы.

Список литературы будет опубликован в последней части статьи.



Рис. 4. Ориентация апертуры линзы определяется пантоскопическим (вертикальным) углом наклона передней плоскости оправы вокруг горизонтальной оси X и горизонтальным наклоном светового проема относительно передней плоскости оправы вокруг вертикальной оси Y (углом изгиба оправы). Заднее вертексное расстояние определяется как расстояние вдоль линии взгляда от вершины роговицы до задней поверхности линзы, когда линия взгляда перпендикулярна передней плоскости оправы или при взгляде прямо вперед.

*) Дизайнер очковой линзы может внести небольшую компенсацию, чтобы учесть призматическое отклонение линии взгляда в установочной метке линзы.