Спонсор публикации Carl Zeiss Vision

Оптика FreeForm прогрессивных линз

Окончание

Д. Мейстер, специалист Carl Zeiss Vision

Данная публикация является окончанием первой из двух запланированных к печати статей, начало которой было опубликовано в предыдущем номере журнала. Статьи подготовлены специалистом компании Carl Zeiss Vision Д.Мейстером и одобрены американским Советом по оптометрии (ABO) для включения в образовательный курс для получения сертификата ABO Continuing Education Certificate.

Печатается с разрешения компании Carl Zeiss Vision. Статьи предоставлены компанией Optic Dias.

Индивидуализация с помощью FreeForm

Сегодня с применением FreeForm дизайны прогрессивных линз могут быть полностью индивидуализированы в соответствии со зрительными потребностями пользователя. В 1990-х годах немецкие специалисты первыми начали применять индивидуализацию прогрессивных линз, используя FreeForm технологию для получения аторического дизайна на задней поверхности полузаготовок с готовой передней прогрессивной поверхностью. Сегодня их технология входит в мощный комплекс расчетов оптических дизайнов на центральном сервере, позволяющий совершать сложнейшие вычисления в режиме on-line с использованием индивидуальных параметров пользователя. Результаты проведенных расчетов передаются непосредственно на FreeForm оборудование для изготовления линз для конкретного заказчика.

Каждый дизайн динамично рассчитывается в режиме реального времени, что позволяет изготовить уникальную прогрессивную линзу, полностью соответствующую Rx, параметрам, описывающим положение линз относительно глаз пользователя, и параметрам выбранной им оправы. Сначала определяется наиболее подходящая геометрия дизайна, включая длину коридора прогрессии и величину инсета (смещение зоны зрения вблизи относительно зоны зрения вдаль). Затем сравнивается первичное оптическое качество с качеством идеальной линзы (линзой-эталоном), и первоначальный дизайн постепенно поточечно совершенствуется, используя сложный алгоритм асферизации до тех пор, пока оптика рассчитываемой линзы не приблизится максимально близко к идеальной линзе (Рис. 4).

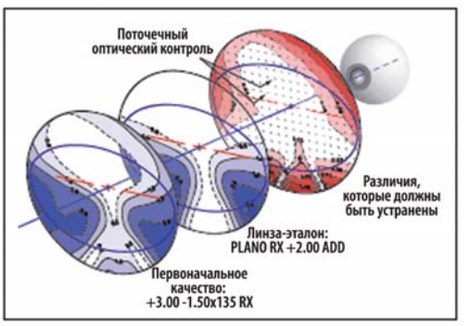

Рис. 4. Оптический дизайн каждой прогрессивной линзы поточечно совершенствуется путем сложных вычислений на мощном сервере

Индивидуализация по Rx

Когда пользователь смотрит через периферию очковой линзы, аберрации наклонных пучков (астигматизм наклонных пучков) приводят к ошибкам силы сферы и цилиндра, которые ухудшают качество зрения в линзах и сужают поля четкого зрения (Рис. 5). Как уже отмечалось выше, традиционные прогрессивные линзы доступны только с ограниченным набором базовых кривых. Они обеспечивают оптимальное оптическое качество только для тех величин силы сферы, которые находятся вблизи значений, связанных с определенной базовой кривой. Для других Rx оптическое качество будет хуже из-за аберраций, особенно если в рецепте имеется цилиндрическая составляющая, поскольку традиционные дизайны не позволяют исключить ошибки одновременно и сферы, и цилиндра.

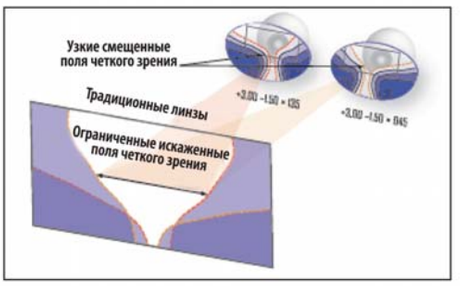

Рис. 5. Для большого числа комбинаций Rx поле четкого зрения может быть сильно ограничено (и искажена его форма) из-за аберраций линзы

Вызываемые аберрациями линзы оптические искажения в прогрессивных линзах становятся еще сильнее. Астигматизм наклонных пучков оптически накладывается на поверхностный астигматизм прогрессивного дизайна, приводя к ограничению полей четкого зрения. Аберрации линз могут также вызывать смещение зон четкого зрения прогрессивной линзы из их идеального местоположения, поскольку некоторые зоны нежелательного астигматизма становятся более размытыми, в то время как другие, наоборот, становятся более четкими. Эти искажения зон центрального зрения, вызванные смещением «правильных зон», нарушают бинокулярное зрение через линзы.

Разработка сложного программного обеспечения и применение технологии FreeForm позволяют индивидуализировать дизайн линзы для уникального набора параметров данного пациента (рис. 6). Тонкая подгонка оптического дизайна прогрессивной линзы под точные параметры пациента с помощью

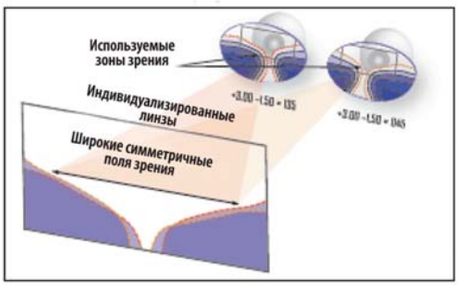

Рис. 6. Прогрессивные FreeForm линзы компании Carl Zeiss очень точно соответствуют параметрам пользователя, что обеспечивает широкие симметричные поля четкого зрения.

процесса оптимизации позволяет практически устранить остаточные аберрации линзы. Пользователи с такими линзами получают возможность наслаждаться самыми широкими полями четкого зрения при любых значениях своих параметров. Более симметричные поля четкого зрения обеих линз обеспечивают лучшее бинокулярное зрение.

Индивидуализация в соответствии с положением ношения линз

Положение ношения линз – это положение линз относительно глаз пользователя, которое определяется пантоскопическим углом, углом изгиба плоскости оправы и вертексным расстоянием линзы. Параметры рецепта на очки обычно измеряются с использованием фороптера или пробной оправы, которые располагаются перпендикулярно к направлению взгляда. Однако в очковой оправе линзы расположены под углом друг к другу. Наклон линз вызывает астигматизм наклонных пучков, который приводит к увеличению силы сферы и нежелательного астигматизма. Эти нежелательные изменения могут приводить к ухудшению качества зрения в прогрессивных очках, особенно через центральные зоны зрения (рис. 7).

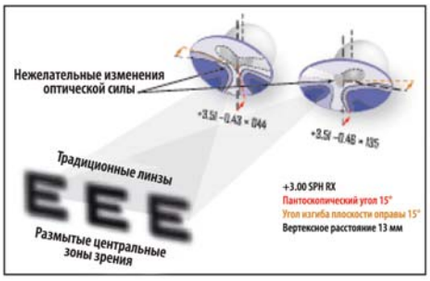

Рис. 7. Качество зрения может быть снижено из-за положения подобранных линз

С помощью программного обеспечения можно индивидуализировать прогрессивный дизайн для комбинации параметров конкретного пользователя (рис. 8). Если указаны пантоскопический угол, угол изгиба плоскости оправы и вертексное расстояние линзы, то может быть смоделировано прохождение световых лучей через линзы, расположенные относительно глаз пользователя в точном соответствии с указанными параметрами. Это позволяет в ходе оптимизации дизайна внести необходимую коррекцию дизайна. Пользователи такими линзами получают наилучшее качество зрения в прогрессивных линзах при любых значениях их индивидуальных параметров.

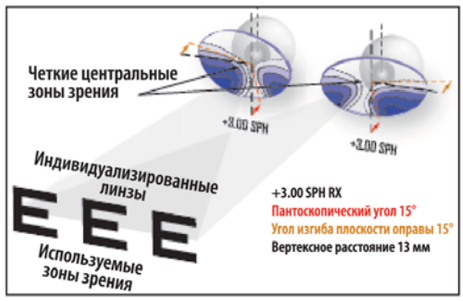

Рис. 8. Прогрессивные FreeForm линзы компании Carl Zeiss индивидуализированы в соответствии с параметрами, описывающими положение линз в оправе относительно глаз пользователя, что обеспечивает четкое изображение через центральные зоны зрения.

Дизайн традиционных прогрессивных линз часто разрабатывается таким образом, чтобы показывать определенное оптическое качество только в том положении, в каком они находятся при измерении с помощью линзметра (рис. 9). FreeForm прогрессивные линзы индивидуализированы в соответствии с положением линз при ношении для обеспечения требуемой пользователю оптической коррекции при реальном нахождении линз относительно глаз пользователя. Это приводит к небольшим отклонениям значений, измеренных с помощью линзметра в точках верификации линзы для зон зрения вдаль и вблизи, от указанных в рецепте значений.

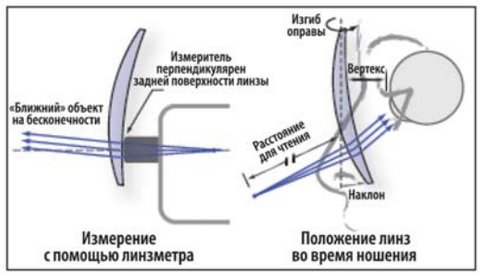

Рис. 9. Хотя традиционные прогрессивные линзы часто имеют дизайн, который показывает заданную оптическую силу при измерении с помощью линзметра, FreeForm прогрессивные линзы имеют индивидуальный дизайн, который учитывает конкретное положение линз относительно глаз пользователя.

Оптическое совершенство прогрессивных линз сильно зависит от длины коридора прогрессии. Если коридор прогрессии слишком длинный для выбранной оправы, зрение вблизи будет ограниченным, поскольку зона зрения вблизи будет в значительной степени обрезана. Если коридор прогрессии слишком короткий, то прогрессивный дизайн будет сильно «сжат». В этом случае скорость нарастания нежелательного астигматизма по поверхности линзы будет слишком большой, что приведет к сужению зон центрального зрения, ухудшая качество зрения на промежуточных расстояниях из-за высоких уровней нежелательного астигматизма на периферии.

Таким образом, длина коридора прогрессии не должна быть меньше необходимой для выбранной оправы и обеспечивать физиологически комфортное зрение. Для «стандартных» прогрессивных линз длина коридора прогрессии

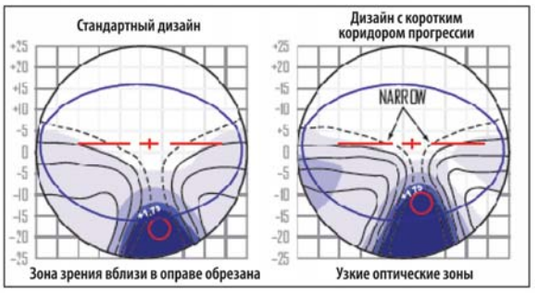

Рис. 10. Если длина коридора прогрессии линзы не соответствует размерам выбранной оправы, то зрение вблизи у пользователя будет ограниченно либо из-за маленького размера зоны зрения вблизи (слишком длинный коридор прогрессии, слева), либо из-за высокого уровня нежелательного астигматизма (слишком короткий коридор прогрессии, справа).

обычно бывает недостаточной для зрения вблизи, если выбранная оправы имеет небольшие размеры по вертикали. Прогрессивные линзы с коротким коридором прогрессии созданы специально для небольших оправ (рис.10).

Используя сложное программное обеспечение, можно рассчитать прогрессивный дизайн с длиной коридора прогрессии, которая точно соответствует размерам выбранной оправы (для линзы указывается минимальная установочная высота) (рис. 11). Это обеспечивает максимальное качество зрения через центральные оптические зоны без допущения каких-либо компромиссов в качестве зрения через другие зон линзы. Пользователи получают отличное зрение на малых расстояниях (для чтения) при максимально широких полях зрения на других дистанциях для оправ любых размеров.

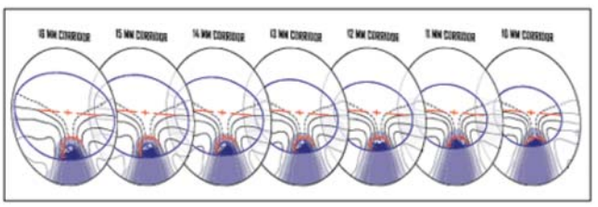

Рис. 11. Длина коридора прогрессии этой линзы Carl Zeiss изменяется непрерывно от 10 мм до 16 мм для того, чтобы он наилучшим образом соответствовал размерам выбранной оправы.

Дополнительные виды индивидуализации

Возможны и другие виды индивидуализации прогрессивных линз. Каждый шаг по индивидуализации прогрессивного дизайна позволяет свести к минимуму расхождение между зрительными потребностями отдельного пользователя и оптическим дизайном линзы. Идеальный оптический дизайн прогрессивной линзы для конкретного пользователя должен учитывать его зрительные потребности в типичных для него жизненных ситуациях. Выясняя эти потребности на основе ответов на задаваемые вопросы, для пользователя можно рассчитать индивидуальный дизайн с идеальным балансом зон зрения вдаль и вблизи. Пользователи прогрессивными линзами, основные зрительные задачи которых связаны с использованием зоны зрения вдаль, могут предпочесть прогрессивный дизайн с более широкой зоной зрения вдаль, а пользователям, чаще всего использующим зрение вблизи, может потребоваться дизайн с индивидуальной более широкой зоной зрения вблизи.

Было показано также, что пользователи различаются по характеру привычных для них зрительных движений головы. Зрительные движения пользователей очками при изменении направления взгляда представляют собой комбинацию движений головы и глаз. Некоторые из них предпочитают двигать головой, другие – глазами (рис. 12). Недостаточная ширина оптических зон прогрессивных линз может ограничивать боковые движения глаз, и пользователи, привыкшие к движениям глаз, будут более довольны прогрессивными линзами с более широкими оптическими зонами. Тем же, кто более привычен к движениям головы, больше подойдут прогрессивные дизайны с более мягким градиентом изменения оптической силы и периферического астигматизма, минимизирующие эффект «плавания изображения» и эффект увеличения изображения, которые ухудшают зрение во время компенсаторных движений головы.

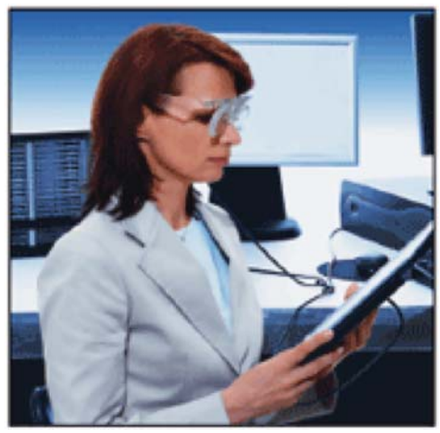

Рис. 12. Устройство для определения характера привычных для пользователя очками зрительных движений – головой или глазами (фото Carl Zeiss Vision)

Заключение

Применение технологии FreeForm для индивидуализации прогрессивных линз является одним из главных достоинств этой технологии для пользователей очками. Весь потенциал технологии FreeForm может быть реализован только в сочетании с мощным программным обеспечением, способным в режиме реального времени рассчитывать оптический дизайн с учетом индивидуальных параметров пользователя очками.

Можно, например, использовать FreeForm технологию для изготовления прогрессивных линз, у которых передняя поверхность имеет готовый прогрессивный дизайн («поточечный» файл), а Rx кривые будут применены к задней поверхности линзы. FreeForm линзы этого типа в основном наследуют достоинства линз с заранее готовой прогрессивной поверхностью. Вместе с тем достаточно продвинутый оптический дизайн и FreeForm обработка задней поверхности позволяют свести к минимуму эффект неадаптации к прогрессивным линзам и максимально удовлетворить зрительные потребности пользователей.