

## Оптика FreeForm прогрессивных линз

Д. Мейстер, специалист Carl Zeiss Vision

Данной публикацией мы начинаем серию из двух статей, посвященных прогрессивным очковым линзам, изготовленным по технологии FreeForm. 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.

### FreeForm технология

Когда говорят о технологии FreeForm (используются также такие определения, как прямая или цифровая обработка поверхности), то имеют в виду процесс, который позволяет получать сложные формы поверхности линз, включая асферические, аторические и даже прогрессивные дизайны. Типичный FreeForm процесс начинается с обработки поверхности с помощью 3D цифрового генератора (CNC), управляемого компьютером. Точечные резцы, перемещение которых по 3D координатам задает компьютер, могут изготовить поверхность линзы практически любой формы с очень высокой точностью. Полученная с помощью такого оборудования поверхность становится полностью готовой после полировки с использованием гибкой подложки; этот завершающий этап работы также находится под контролем компьютера.

Применяя FreeForm технологию, оптическая лаборатория может изготавливать линзы различных дизайнов из полуготовых линз с уже имеющимися Rx кривыми. FreeForm прогрессивные линзы, у которых обе поверхности рабочие, представляют собой комбинацию передней готовой поверхности, полученной методом литья в форме, и задней FreeForm поверхности, сложность формы которой может изменяться в диапазоне от простой сферической до прогрессивной, объединенной с Rx кривыми (Рис. 1). /Прим. Ред.: На оптическом рынке также имеются прогрессивные линзы, у которых обе поверхности FreeForm, включая линзы с обеими прогрессивными FreeForm поверхностями./

FreeForm линзы с задней прогрессивной поверхностью имеют готовую, изготовленную на заводе методом литья, переднюю сферическую поверхность и FreeForm прогрессивную заднюю поверхность, учитывающую также и Rx. У этих линз прогрессию получают прямой цифровой обработкой задней поверхности.

Для FreeForm линз с полностью готовой (полученной методом литья на заводе) прогрессивной передней поверхностью параметры Rx получают путем прямой цифровой обработки только задней поверхности.

У FreeForm линз с обеими прогрессивными поверхностями передняя поверхность изготавливается на заводе методом литья, но на ней реализована лишь часть необходимой величины аддидации. Остальную долю аддидации вместе с Rx получают цифровой обработкой задней поверхности. У таких линз прогрессия распределена по обеим поверхностям линзы.

#### D.Meister. The optics of FreeForm progressive lenses.

The author describes and defines free-form technology as used in progressive lenses. He demonstrates how progressive designs are better delivered when using a computer engine that can optimize Rxs and patient wearing conditions, and also describe the opportunities that free-form manufacturing has for future use in progressive lenses.

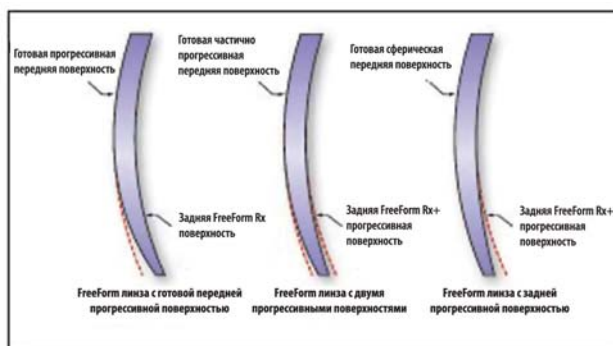


Рис. 1. Наиболее распространенные FreeForm прогрессивные линзы имеют одну из трех комбинаций поверхностей.

Для любого из этих типов прогрессивных FreeForm линз местоположение прогрессивного дизайна (на передней или задней поверхности, или разнесение прогрессии по обеим поверхностям) оказывает слабое влияние на величину нежелательного астигматизма, присущего прогрессивным дизайнам. Поскольку типичные очковые линзы представляют собой оптические системы с пренебрежимо малой толщиной, то оптики обеих поверхностей практически аддитивны (т.е. их оптические свойства суммируются). Следовательно, и имеющийся у всех прогрессивных линз нежелательный астигматизм не зависит от того, на какой поверхности линзы он располагается (Рис. 2).

Хотя присущий прогрессивным линзам нежелательный астигматизм для разных дизайнов может отличаться незначительно, размещение прогрессии на задней поверхности позволяет минимизировать нежелательный эффект увеличения прогрессивных линз. Дисторсия (тип аберраций, вызывающий искривление формы объектов, наблюдаемых через периферию прогрессивных линз) вызвана как изменением эффекта увеличения изображения по поверхности линзы из-за разной кривизны (формы) в разных точках передней поверхности, так и измене-

## ОЧКОВЫЕ ЛИНЗЫ

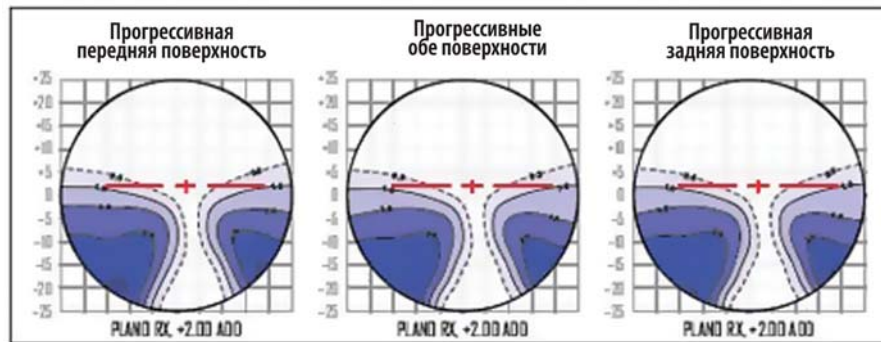


Рис. 2. Изоцилиндрические кривые нежелательного астигматизма для трех рассматриваемых типов прогрессивных линз оказываются практически идентичными.

нием увеличения из-за разной силы нежелательного цилиндра, вызванного этим изменением кривизны. Размещение прогрессии на задней поверхности линзы устраняет вклад передней поверхности в оба изменения увеличения. Более того, поскольку для линз с прогрессией на задней поверхности оптические зоны располагаются ближе к глазу, то для них могут быть получены несколько более широкие поля зрения по сравнению с линзами, у которых прогрессивной является передняя поверхность.

Тем не менее, разница в оптическом качестве прогрессивных линз, обусловленная только разным местоположением прогрессии, будет, как правило, незначительной. Когда FreeForm технология применяется совместно с компьютерным обеспечением, позволяющим рассчитывать прогрессивный дизайн в режиме реального времени, то появляется возможность подобрать оптику каждой прогрессивной линзы, точно соответствующую зрительным потребностям конкретного пользователя, причем еще до этапа производства линз. Даже при сохранении свойственных традиционным прогрессивным линзам ограничений такое применение FreeForm технологии дает значительные зрительные преимущества.

Полуготовые линзы с прогрессией на передней поверхности в массовом количестве получают методом литья в форме. Такие линзы обычно доступны с 12 значениями аддидации на один глаз, причем их изготавливают из дюжины различных материалов, что приводит к существованию сотен линзовых заготовок для каждой базовой кривой. Вариант линз с коротким коридором про-

грессии удваивает количество необходимых заготовок. Следовательно, традиционные прогрессивные линзы требуют содержания огромного склада полузаготовок и больших инвестиций. Поэтому вариации основного дизайна для таких линз будут ограничены небольшим числом базовых кривых, причем эти дизайны должны достаточно хорошо “работать” в относительно широком диапазоне Rx данных. Однако дизайны традиционных прогрессивных линз разработаны для ограниченного числа «средних» значений оптических сил при использовании усредненных параметров подбора, а также либо для оправ стандартных размеров, либо для маленьких оправ.

К сожалению, ни один прогрессивный дизайн линз не дает оптимального качества для всех возмож-

ных комбинаций рецептурных значений, параметров посадки оправы и ее размеров. Каждый набор Rx для того, чтобы полностью исключить аберрации линз, требует своего особенного оптического дизайна. Положение подобранной линзы относительно глаза, в случае несовпадения с тем, которое было заложено в расчет дизайна, также может приводить к дополнительным ошибкам в оптической силе линзы. Более того, если длина коридора прогрессии не будет оптимальной для выбранной оправы, то качество зрения в таких линзах становится еще хуже. Хотя отдельные пользователи могут быть вполне удовлетворены качеством зрения с традиционными прогрессивными линзами, многим пользователям придется смириться с невысоким качеством оптики таких линз (Рис. 3).

Окончание публикации в следующем номере журнала.

*Поскольку ... оптики обеих поверхностей линзы практически аддитивны, то имеющийся у всех прогрессивных линз нежелательный астигматизм не зависит от того, на какой поверхности линзы он располагается.*

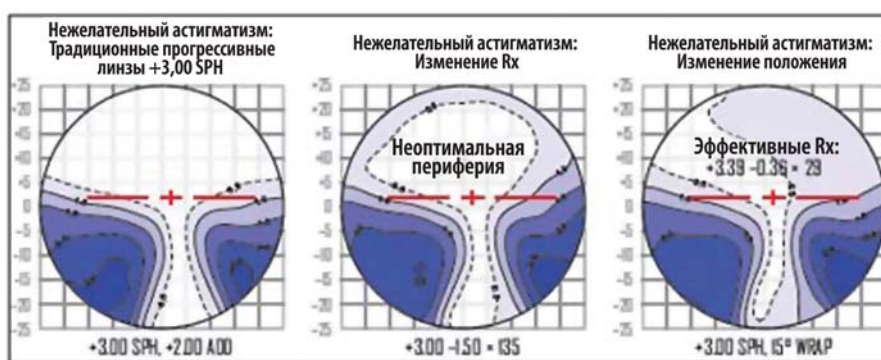


Рис.3. Изоцилиндрические кривые нежелательного астигматизма для традиционных прогрессивных линз показывают, что оптическое качество таких линз зависит как от Rx, так и положения линзы (угла изгиба плоскости оправы).