

ЗАОЧНАЯ ШКОЛА CARL ZEISS

Уважаемые читатели! Мы продолжаем публикацию учебных материалов из руководства «Handbook of Ophthalmic Optics», подготовленного компанией Carl Zeiss. В указанном руководстве в конспективном виде изложены практически все необходимые для работы врача-офтальмолога и оптика вопросы.

«Заочная школа Carl Zeiss» была уже напечатана в следующих номерах: №6, №7 2005 г., №1, №2, №4-7 2006 г., №1-6, 2007 г.

Публикация 15 Очковая оптика: Очковые линзы (продолжение)

Аддидация

Аддидация (A) — это разница между оптической силой зоны зрения вблизи и зоны зрения вдаль у бифокальной, мультифокальной или прогрессивной очковой линзы. Эта разница зависит от геометрии и материала линзы, а также от того, как световые лучи проходят через зону для дали и близи. Имеется 3 разных определения аддидации в зависимости от того, как проходит световой луч, используемый для измерения оптической силы в главной ссылочной точке:

1. Реальная (практическая) аддидация (Add_R):

Разница между реальными значениями в главных ссылочных точках зоны для дали и зоны для близи (A_R).

2. Аддидация, соответствующая измеренному с вогнутой стороны значению (Add_{cx}):

Разница между измеренными с вогнутой стороны линзы значениями задней вершинной оптической силой для первых главных меридианов в главных ссылочных точках зоны для близи и зоны для дали (A_{cx}).

3. Аддидация, соответствующая измеренному с выпуклой стороны значению (Add_{cx}):

Разница между измеренными с выпуклой стороны линзы значениями задней вершинной оптической силы для вторых главных меридианов в главной ссылочной точке зоны для близи и в точке зоны зрения вдаль, которая диаметрально противоположна главной ссылочной точке зоны для близи относительно главной ссылочной точки для дали (A_{cx}).

Реальная аддидация соответствует реальному прохождению светового луча через систему линза-глаз и не может быть прямо измерена с помощью линзметра. Ее получают по средним значениям задней вершинной оптической силы, измеренным в главных меридианах, как показано на рис.15.1.

Для определения аддидации применяют 2 различных способа измерений. При измерении с вогнутой стороны очковая линза кладется на линзметр задней поверхностью вниз. В этом положении измеряется вер-

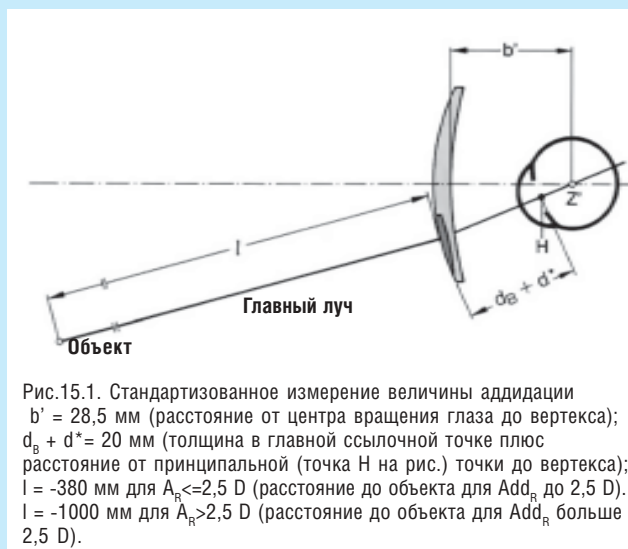


Рис.15.1. Стандартизованное измерение величины аддидации $b' = 28,5$ мм (расстояние от центра вращения глаза до вертекса); $d_b + d^* = 20$ мм (толщина в главной ссылочной точке плюс расстояние от принципиальной (точка H на рис.) точки до вертекса); $l = -380$ мм для $A_R < 2,5$ D (расстояние до объекта для Add_R до 2,5 D). $l = -1000$ мм для $A_R > 2,5$ D (расстояние до объекта для Add_R больше 2,5 D).

тексная оптическая сила $F'_{vcc/I}$ в главной ссылочной точке зоны для близи B_N и главной ссылочной точке зоны для дали B_D (для первых главных меридианов) (рис.15.2 а). Аддидация при измерении с вогнутой стороны будет равна:

$$(15.1) \quad A_{cc} = F'_{vcc/I} \text{ в точке } B_N - F'_{vcc/I} \text{ в точке } B_D.$$

При измерении с выпуклой (передней) стороны очковая линза кладется на линзметр передней поверхностью вниз. В этом положении измеряется вертексная оптическая сила $F'_{vcx/II}$ в главной ссылочной точке зоны для близи B_N и в точке B_{dia} , расположенной точно напротив главной ссылочной точки для дали (для вторых главных меридианов) (рис.15.2 б). Аддидация при измерении с выпуклой стороны будет равна:

$$(15.2) \quad A_{cx} = F'_{vcx/II} \text{ в точке } B_N - F'_{vcx/II} \text{ в точке } B_{dia}.$$

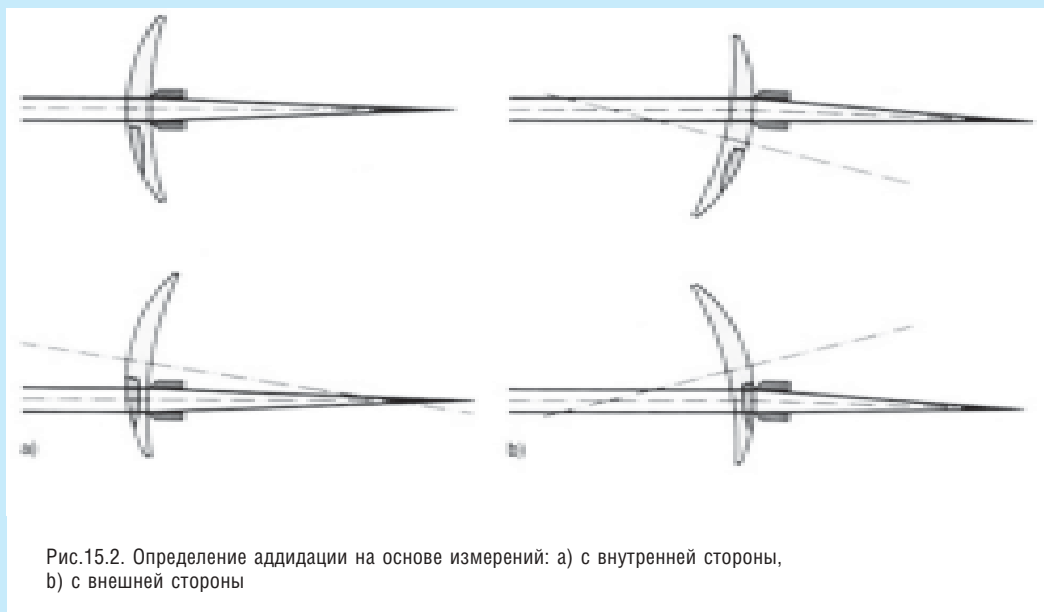


Рис.15.2. Определение аддитации на основе измерений: а) с внутренней стороны, б) с внешней стороны

В линзметре пучок лучей с выпуклой стороны линзы параллельный, и главный луч, перпендикулярный вогнутой стороне линзы, пересекает оптическую ось зоны для дали в центре кривизны вогнутой поверхности (рис. 15.3). Поправка к измеренной величине аддитации, вытекающая из указанных различий, зависит от типа бифокальной или мультифокальной линзы, параметров основной линзы (задней вертексной силы, формы, толщины и материала), величины аддитации и расстояния до объекта. Для больших значений аддитации поправка может достигать $\pm 0,5 D$. При определении реальной аддитации указанным методом поправку $K_{cc,ex}$ следует прибавлять к $A_{cc,ex}$ согласно:

$$(15.3) \quad A_R = A_{cc,ex} - K_{cc,ex}.$$

Характеристики линз, влияющие на качество изображения

Аберрации

Главными оптическими дефектами изображений, получаемых с помощью очковых линз являются:

- 1) астигматизм*
- 2) сферические ошибки
- 3) поперечный хроматизм
- 4) дисторсия

Аберрации 1, 2 и 4 относятся к геометрической оптике, хотя сферические ошибки зависят и от взаимодействия кривизны поля с глазом.

Аберрации 1-3 снижают остроту зрения, причем наибольшее влияние на остроту имеет астигматизм. Дисторсия влияет на зрительное восприятие пространства. В очковых линзах со сферическими (и торическими) поверхностями на аберрации 1, 2 и 4 можно повлиять изменением формы линзы (изменением кривизны поверхностей при сохранении задней вертексной оптической силы), а поперечные хроматические аберрации зависят от величины дисперсии материала линзы.

* Под астигматические ошибки здесь понимаются аберрации, известные у нас как астигматизм наклонных пучков

Астигматическая ошибка

Астигматическая ошибка (отклонение от сферической силы), возникающая при наклонном падении лучей света на поверхность линзы, должна быть оптимально скорректирована для:

- 1) расстояний до объекта от 25 см до бесконечности
- 2) всех возможных углов зрения
- 3) всех меридианных плоскостей
- 4) различных расстояний от оптического центра вращения глаза до вертекса линзы.

Эти требования различны по степени важности. Острота зрения, сниженная из-за аберраций, сильнее мешает в центральном поле фиксации, чем на периферии, при этом все меридианные плоскости важны в равной степени.

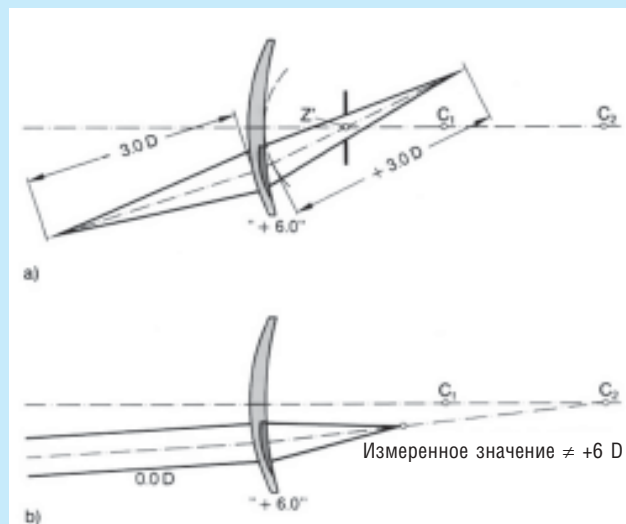


Рис.15.3. Прохождение лучей через зону зрения вблизи бифокальной линзы с реальной аддитацией 6 D: а) в системе линза-глаз; в) в линзметре Z' – оптический центр вращения глаза; C_1, C_2 – центры кривизны поверхностей линзы со стороны объекта и изображения, соответственно

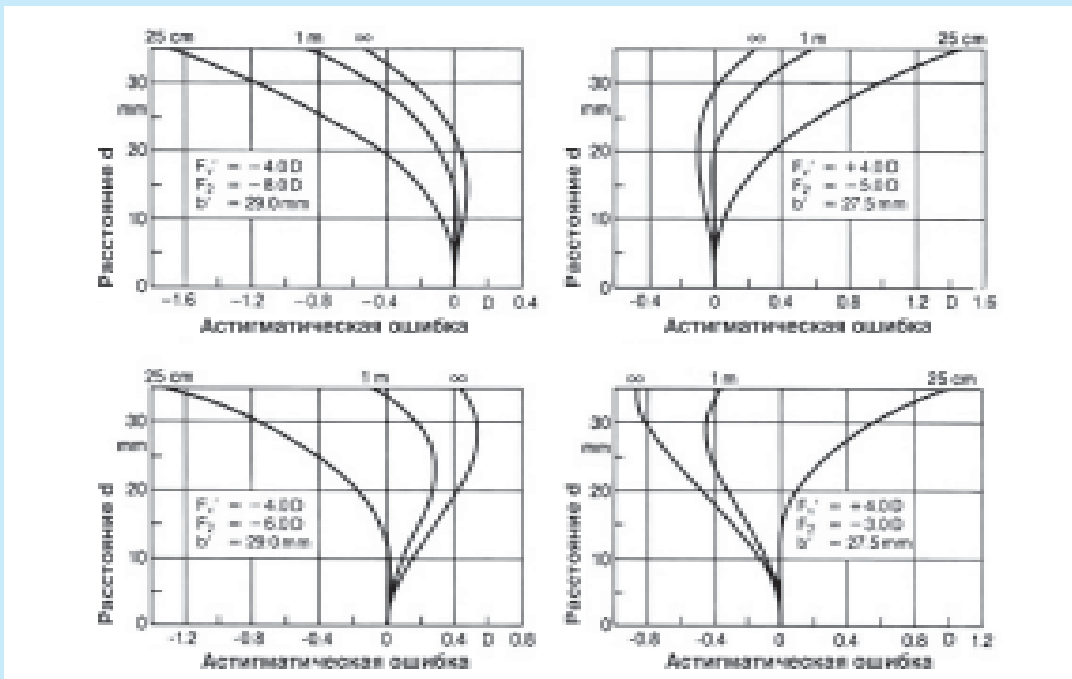


Рис.15.4. Зависимость астигматической ошибки от формы линзы, расстояния главного луча от оптического центра линзы (d) и расстояния до объекта. Угол обзора со стороны глаза составляет примерно $2d^\circ$. F_1' - задняя вертексная сила, F_2 - оптическая сила внутренней поверхности линзы. Показаны кривые, соответствующие трем расстояниям до объекта: 25 см, 1 м и бесконечность.

Если астигматическая ошибка очковой линзы скорректирована настолько хорошо, что неустранимый остаточный астигматизм не беспокоит пользователя очками, то такую линзу характеризуют, как «точно фокальную». Это обычно имеет место, когда астигматическая ошибка в рабочем поле фиксации для большинства расстояний до объекта ниже $0,2 D$.

На рис. 15.4 показано влияние формы линзы на величину астигматической ошибки для очковых линз с задней вертексной силой $\pm 4 D$. Видно, что чем больше кривизна линзы (больше оптическая сила F_2 ближней к глазу поверхности линзы), тем лучше зрение на больших расстояниях, и, наоборот, чем меньше кривизна, тем лучше зрение на малых расстояниях. Расчеты приведены для различных значений расстояния b' от линзы до центра вращения глаза, считая, что линза всегда точно центрирована перед глазом.

Кроме необходимости получить высокое качество зрения при выборе формы линзы следует принимать во внимание и эстетический аспект. Выбор доступных форм достаточно широк для линз с низкой оптической силой, что позволяет уделить внимание эстетике. Для линз с большой оптической силой, особенно для положительных линз, возможности выбора эстетически выглядящих линз существенно меньше.

Сферические ошибки

При всех возможных поворотах глаза его дальнейшие точки лежат на сфере. Центром этой сферы дальнейших точек является оптический центр вращения глаза. Если очковая линза предназначена для полной коррекции при всех направлениях взора, то центр поверхности изображений (или область с кругами наименьшего рассеяния при астигматизме наклонных пучков) бесконечно удаленных объектов должен совпадать с центром сферы дальнейших точек. Линзы, для которых выполняется это условие, называют линзами Персиваля (Percival). Любое отклонение от этого условия называется сферическими ошибками (или средними внеосевыми ошибками).

У однофокальных линз поверхность изображений искривлена не в такой сильной степени, как сфера дальнейших точек глаза (рис. 15.5). Поэтому такие линзы приводят к недокоррекции в периферической области. Это отклонение от сферичности несущественно для отрицательных линз, а для положительных линз оно обычно может быть компенсировано за счет аккомодации.

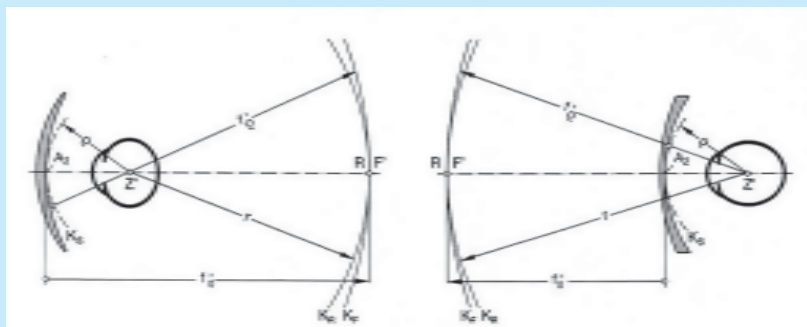


Рис.15.5. Сферические ошибки очковых линз. K_R - сфера дальних точек, K_S - поверхность изображений бесконечно удаленных объектов, K_S - вершинная сфера, f'_o - заднее вершинное фокусное расстояние, f'_p - фокусное расстояние внеосевой вершинной сферы