

УДК 617.7

# Линзы DriveSafe от ZEISS

## Аннотация

В настоящее время автомобилем управляют многие пользователи очков, и достаточно часто водители сталкиваются с дискомфортом и беспокойством во время движения, если имеют место недостаточная освещенность и плохая видимость. Их опасения справедливы: статистика показывает значительное повышение риска несчастных случаев со смертельным исходом в таких условиях. Причины хорошо понятны. Очковые линзы для водителей должны снижать риски от раздражающего яркого света автомобильных фар и компенсировать недостатки пространственного восприятия, характерные для зрения в сумерках. ZEISS представляет однофокальные и прогрессивные линзы DriveSafe, которые хорошо подходят для любых занятий в дневное время и демонстрируют особенные характеристики во время вождения в сумерки и ночью.

**Ключевые слова:** вождение, однофокальные линзы, освещение, освещенность, покрытие, прогрессивные линзы, яркий свет, яркость

Материал предоставлен компанией optic DIAS

Перевод: А. В. Шкаров

## Вождение: естественное действие, вызывающее стресс

В течение дня зрительный аппарат оказывается в изменяющихся внешних условиях и вынужден справляться с разными зрительными задачами. Для этого были разработаны линзы специального назначения, подходящие для спортивных занятий, защиты от солнца и работы на компьютере. Очки с такими линзами лучше использовать в качестве вторых или третьих очков, поскольку эти линзы не подходят для повседневного ношения. Более того, недавние рыночные исследования, проведенные ZEISS, показали, что 83% водителей, пользующихся очками, садятся за руль не ради развлечения, а по необходимости.

Значительному большинству водителей (72%) хотелось бы иметь одни очки, удовлетворяющие повседневным нуждам и, кроме того, отвечающие особым требованиям при вождении автомобиля. Как выяснилось, основными источниками дискомфорта и стресса являются дождь, дымка или туман, сумерки или ночное время (рис. 1) [1].

## Влияние освещения

У водителей существует достаточно оснований для беспокойства по поводу условий плохой освещенности. С наступлением темноты резко возрастает

количество дорожных аварий со смертельным исходом. В Германии 30% всех дорожных инцидентов со смертельным исходом происходят в условиях плохого освещения и в ночное время [2, 3]. В США в 2010 году 48% таких ДТП случились ночью [4]. В другом исследовании показано, что в Великобритании более половины аварий, где гибнут люди, происходит с наступлением темноты, хотя водителям предстояло совершить поездки на меньшие расстояния. Более того, вероятность смерти в дорожном происшествии ночью возрастает в два раза. В недавнем исследовании сделано заключение, что плохое освещение является главной причиной дорожных аварий в ночное время [5]. В другой работе сообщается, что, по мнению 50% опрошенных водителей, ночное вождение приводит к стрессу из-за плохого освещения и они приветствовали бы создание любого устройства, которое поможет улучшить видимость в ночных условиях [6].

## Влияние яркого света

Проблему плохого освещения решают разными способами, одним из них является увеличение количества и мощности дорожных светильников. Тем не менее в целом проблемы остаются и даже появляются новые, например большее потребление электроэнергии.

Производители автомобильных фар отреагировали на эту проблему созда-

нием светодиодных и газоразрядных ксеноновых фар с высокой яркостью света (HID/Xenon), которые оказались ярче обычных и лучше освещают дорогу. После установки на автомобилях таких фар водители отметили улучшение видимости окружающей обстановки. Однако приобретенная популярность таких более ярких фар привела к увеличению жалоб на ослепляющий свет фар машин, двигающихся по встречной полосе. Из-за повышенной яркости может создаваться ослепляющий блеск, снижающий способность видеть объекты, на которые направлен луч источника света. Вдобавок в световом потоке от автомобильных фар новых типов присутствует значительная доля синего света по сравнению со старыми галогенными лампами, фарами, и из-за цветового сдвига увеличилось количество и серьезность жалоб на ослепляющий свет и неприятные и стрессовые ощущения от яркого света (рис. 2).

По мере возрастания яркости этих источников света усиливаются дискомфорт и воздействие на орган зрения; как выясняется, это связано со сдвигом в синюю часть спектра [7]. Пожилые водители, у которых есть выявленное, но не вычеленное помутнение прозрачных сред глаза, например водители с катарактой, сообщают о более значительных симптомах от воздействия слепящего света. Считается, что главной причиной этих симптомов является рассеяние света в начинающем мутнеть хрусталике [8].

## Влияние разнородности зрительных задач

Вождение выдвигает комплексные требования к зрению, причем и днем, и ночью. Водители должны реагировать на быстро меняющиеся факторы дорожной обстановки, а значит, постоянно переключать внимание с одного объекта на другой. Одним из таких факторов является наблюдение за дорогой перед автомобилем, для того чтобы предвидеть необходимость повернуть, прибавить скорость или затормозить. Другой фактор – потребность постоянно оценивать свое пространственное местоположение в транспортном потоке, своевременно обнаруживать потенциальные угрозы, исходящие от других автомобилей или дорожных помех [9]. Еще одним фактором является информация на многочисленных экранах приборов на передней панели автомобиля, находящихся как перед водителем, так и сбоку от него. Кроме того, нужно периодически смотреть на несколько зеркал для контроля дорожной обстановки позади автомобиля.

Для дополнительной безопасности автопроизводители продолжают увеличивать количество источников информации в автомобилях, добавляя такие функции, как сигнализация для предупреждения столкновения и сигнализация в случае обнаружения объектов вне зоны видимости на боковых зеркалах. Сложность этих задач вынуждает води-



Рис. 1. Причины дискомфорта при вождении из-за погоды

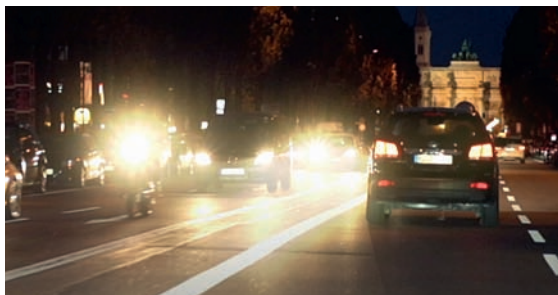


Рис. 2. Слепящий свет во время дорожного движения

теля совершать частые движения глазами и головой, соответствующим образом менять направление взгляда, точки фокусировки и аккомодацию [10]. Было подтверждено влияние возросшей нагрузки на внимание водителя и замедление реакции у тех из них, кто страдает пресбиопией и носит прогрессивные линзы, также были отмечены более интенсивные движения глаз и головы [11]. В частности, в стрессовых условиях, вызванных плохой видимостью, реакция оказывается замедленной, а временные затраты на изменение фокусировки – более критичными, чем обычно.

## Три типа зрительного воздействия – один тип линз

Исследования ZEISS подтверждают, что неблагоприятные условия освещения, слепящий свет и стрессовые зрительные и адаптивные задачи, с которыми сталкивается водитель, оказывают сильное влияние на качество зрения в процессе вождения. Также выяснилось, что нескорректированная ночная миопия (–0,50; –1,00 дптр) и близкая к критической интенсивность слепящего света (порядка 0,4 лк) приводят к значительному повышению порога зрительного контраста ночью, чем в ситуации, когда водитель пользуется полной очковой коррекцией, а на транспортном средстве установлены очень яркие светодиодные фары с высокой яркостью света – 1,2 лк [12]. В различных исследованиях раскрываются веские причины для разработки соответствующих линз с целью улучшить зрение во время вождения в критических условиях освещения. В процессе создания линз DriveSafe ставилась задача устранения трех типов воздействия на зрение, все достижения были использованы в новых линзах, которые предлагаются потребителю как в однофокальном, так и в прогрессивном дизайне, в зависимости от потребностей пользователя очков.

## I. Влияние освещенности

При вождении зрительная система должна быстро адаптироваться к разным уровням освещенности. При изменении освещенности реакция зрачка на свет является самой быстрой и во многом обуславливает характеристики очковых линз. Хорошо известно, что размер зрачка становится минимальным при максимальном освещении, когда водитель ощущает себя в полной безопасности. Наиболее опасное время для вождения – после заката или в темноте, когда уровень освещенности низкий и зрачки расширены. В зависимости от освещенности различают фотопические, скотопические и мезопические условия (рис. 3).

### Фотопические условия

Зрение отличается наилучшими временными и пространственными показателями контрастной чувствительности и остроты и является полностью работоспособным при уровне освещенности от 1 лк и выше. Такие повышенные временные и пространственные характеристики достигаются благодаря колбочкам, чья суммарная чувствительность к свету достигает пиковых значений при длине волны около 555 нм.

Существует три типа колбочек, чувствительных к длинам волн в коротком, среднем и длинном диапазонах, они участвуют в цветном зрении. Таким образом, наибольшая чувствительность к цвету имеет место при фотопических условиях освещения. Тогда палочки насыщаются и утрачивают чувствительность, в результате они практически перестают участвовать в процессе зрительного восприятия.

### Скотопические условия

Зрение полностью работоспособно, если освещенность не выше 0,01 лк, но при вождении такая освещенность встречается редко. Указанные условия могут быть в самых темных местах без искусственного освещения, например в безлунную ночь, когда небо затянуто облаками. За ночное зрение отвечают палочки, у которых всего один вид, а значит, ночное зрение лишено ощущения цвета, фиксируется только яркость.

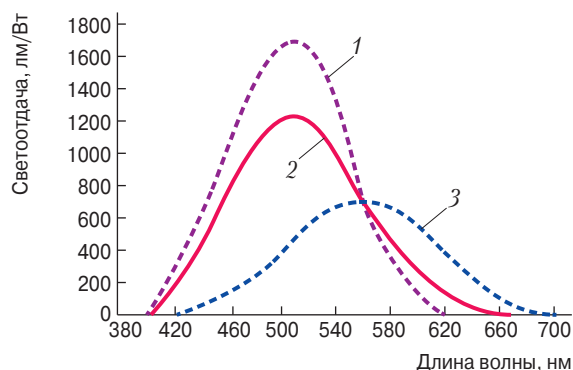


Рис. 3. Сдвиг пика светочувствительности человеческого глаза из зеленой части спектра в синюю при низких уровнях освещенности:  
1 – скотопические условия; 2 – мезопические условия; 3 – фотопические условия

В ночных условиях зрительная система имеет пиковую чувствительность к свету, если длина волны находится в диапазоне 505–510 нм. Палочки не способны обеспечить хорошую остроту зрения, и у них медленное время реакции; фактически для приобретения способности воспринимать объекты, несмотря на скотопические уровни освещенности, необходимо не менее 20 мин на адаптацию в таких условиях. Характерными чертами зрения в скотопических условиях являются размытость всех форм и плохое общее восприятие цвета. Напротив, автомобильные фары создают освещенность приблизительно 0,3 лк на расстоянии 150 м в США и 0,4 лк на расстоянии 50 м в Европе (и там и там действуют разные стандарты и нормативы), достигая фотопического уровня освещенности [13, 14]. Однако водителю, который задействует периферийное зрение, трудно различить плохо освещенные дорожные помехи за пределами участка, освещенного автомобильными фарами, даже если создаваемая освещенность лучше скотопического уровня.

### Мезопические условия

Освещенность находится на промежуточном уровне между фотопическими и скотопическими условиями – между 0,01 и 1,00 лк. В таких условиях зрение обеспечивают и палочки, и колбочки. Как правило, вождение ночью и в сумерки происходит при освещенности, характерной для мезопических условий, вот почему водители чаще жалуются на плохое освещение. В подобных условиях снижается как острота зрения, так и восприятие цвета. Также при этом уровне освещенности время зрительного ответа становится длиннее, чем в фотопических условиях.

Реакция зрачка на свет приводит к его максимальному сужению при фотопических уровнях освещенности (миоз) и к максимальному расширению при скотопических уровнях (мидриаз). В случае мезопических уровней освещенности расширение зрачка достаточно велико, а кроме того, расширение происходит при значительном увеличении aberrаций и снижении остроты зрения (рис. 4 и 5). Одним из последствий расширения зрачка является большее влияние aberrаций глаза высоких порядков, которые снижают контраст изображения на сетчатке и влияют на эффективное нарушение рефракции таким образом, что требуется изменение силы корригирующей линзы по сравнению с коррекцией, назначенной по результатам рефрактометрии при узком зрачке [15].

### Проблемы с видимостью и контрастом

При мезопических уровнях освещенности снижение остроты зрения и контрастной чувствительности происходит в сетчатке и зрительных путях мозга. В ответ на снижение уровня освещенности зрачок расширяется, его поверхность увеличивается, что, в свою очередь, снижает контраст ретинального изображения. При наличии тумана и до-

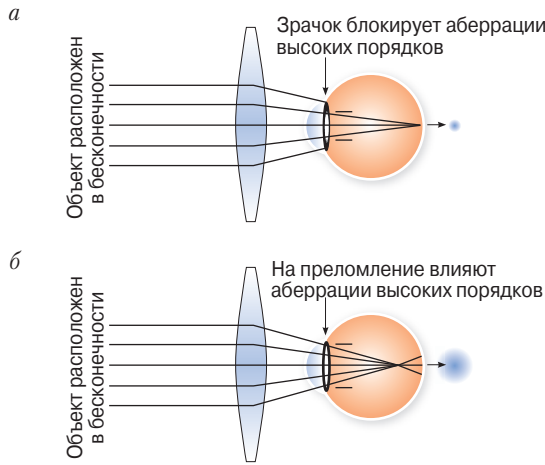


Рис. 4. Влияние aberrаций высоких порядков и размера зрачка на ретинальное изображение:

а – ход лучей при узком зрачке; б – ход лучей при широком зрачке

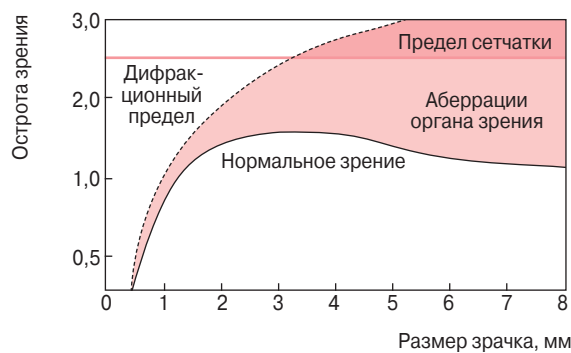


Рис. 5. Пределы остроты зрения в зависимости от размера зрачка

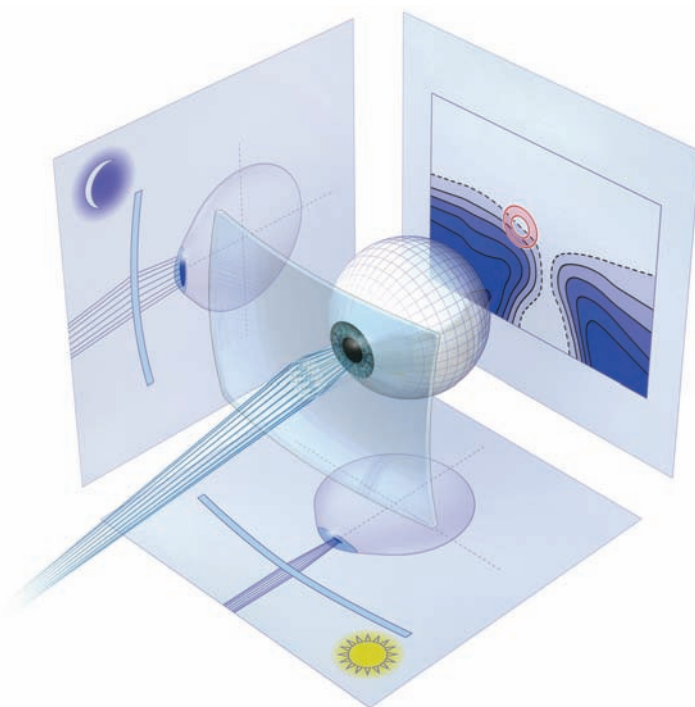


Рис. 6. Объяснение принципа технологии ZEISS Luminance Design  
Взаимодействие зрачка и дизайна прогрессивной линзы

для контрастного восприятия объектов снаружи автомобиля также снижается из-за светорассеяния каплями дождя в воздухе. Когда физиологический зрительный ответ снижается из-за низкой освещенности, а контрастное восприятие объекта дополнительно снижается из-за атмосферных

условий, то нужно обязательно использовать очковые линзы с максимальными оптическими характеристиками, насколько это возможно. Однако внеосевые aberrации однофокальных линз и свойственные прогрессивным линзам aberrации второго порядка могут сильнее ухудшить качество изображения при расширенном зрачке.

### Решение: технология Luminance Design

Традиционный способ разработки прогрессивных линз заключается в изучении хода главного луча [16] через заданную точку на линзе, в определении кривизны линзы в точках, где главный луч пересекает ее поверхность, и затем в расчете изменения оптической силы с учетом значения углов, под которыми главный луч падает на поверхность линзы [17]. Фактически это означает, что при традиционном расчете предполагается, что у зрачка есть только местоположение, но не диаметр.

ZEISS недавно представил технологию Luminance Design, реализованную в прогрессивных линзах Individual 2 для преодоления этого ограничения. При расчете оптических сил линзы в соответствии с новым методом рассматривается весь пучок света, проходящий через зрачок. Линза ZEISS Progressive Individual 2 оптимизируется для предполагаемых частот и уровней освещенности, которые характерны при выполнении различных повседневных задач, поскольку она разрабатывается как универсальная прогрессивная линза. Вычисления и оптимизация при разработке линз DriveSafe выполняются с учетом расширенных зрачков при мезопических условиях освещения.

Эта концепция схематически проиллюстрирована на рис. 6: показан глаз, смотрящий вперед через точку на поверхности прогрессивной линзы. Согласно традиционному методу оптическая сила в этой точке на поверхности была бы рассчитана только с использованием единственного луча, пересекающего поверхность, его горизонтального и вертикального углов пересечения с поверхностью и кривизны поверхности в этой точке. При применении технологии Luminance Design исследуется определенное количество лучей, проходящих через апертуру, определяемую размером зрачка, для расчета оптической силы всего пучка. На панели с левой стороны показывается, как расширяется зрачок при мезопических уровнях освещенности, в результате чего более широкий пучок света проходит через зрачок. Нижняя панель демонстрирует, как зрачок сужается под воздействием более яркой дневной освещенности, создавая при этом более узкий пучок света. На задней панели изображена проекция двух пучков различных диаметров на целевое распределение оптической силы прогрессивной линзы. Два concentрических красных круга представляют два зрачка разного диаметра, показывая, что сравнительно широкий зрачок охватывает больший градиент оптической силы.

С прогрессивными линзами, разработанными с использованием традиционных методов, глаз, у которого зрачок больше, в мезопических условиях будет охватывать большую часть размытого перехода вдоль границы области периферийного астигматизма, в результате ограничивая зоны зрения и снижая контраст. Если смотреть через область рядом с краем зоны, которая, как предполагается, будет идеально чистой, то будут иметь место пониженный контраст и размытое изображение, которое воспринимается как менее четкое. Эти нарушения корректируются линзами DriveSafe с помощью компенсированной прогрессивной поверхности, с использованием технологии Luminance Design, что приводит к улучшению контраста и остроты зрения.

### Диаметры зрачков в мезопических условиях

После тщательного изучения частоты и продолжительности выполнения различных задач и уровней освещенности, оцененных с помощью коэффициента суммарной освещенности (рис. 7), ZEISS определил средний диаметр зрачка, равный 3,3 мм, для оптимизации ZEISS Progressive Individual 2. Поскольку наиболее проблематично вождение при мезопическом освещении, компания-производитель рассчитала для линз DriveSafe частоту и продолжительность выполнения задач вождения при более низком уровне освещенности. В результате прогрессивные линзы DriveSafe рассчитаны для зрачка диаметром 4,3 мм, однофокальные линзы DriveSafe – для зрачка 5,0 мм. Слегка меньший диаметр зрачка в расчетах прогрессивных линз по технологии Luminance Design обусловлен возрастным миозом, при котором размер зрачка уменьшается у лиц среднего возраста. Поскольку прогрессивные линзы DriveSafe первоначально предназначались для пациентов пресбиопического возраста, база данных размеров зрачка, соответствующих уровням освещенности, содержит меньшие величины, чем база данных, которая используется для разработки однофокальных линз.

Конечно, пользователи однофокальных линз не должны беспокоиться по поводу прогрессивных зон. Однако у всех очковых линз, будь то однофокальные или прогрессивные, есть внеосевые аберрации, из-за которых ухудшается зрительное восприятие, по мере того как направление взгляда отклоняется от центра линзы. Размер зрачка также влияет на выраженность этих аберраций, поэтому при оптимизационных расчетах в ходе разработки однофокальных линз с применением технологии Luminance Design учитывается расширенный зрачок.

## II. Проблема ослепляющего света

Свет жизненно важен для нашего физического и эмоционального самочувствия. На наши суточные ритмы и когнитивные способности влияют спектральные свойства света, продолжительность

воздействия, интенсивность и пространственное распределение освещенности. Однако, когда освещенность увеличивается внезапно, результатом является замедление адаптации и появление глэр-эффекта. Данная проблема оказывается особенно острой при низкой фоновой освещенности, прежде всего ночью, а также когда небо затянуто грозowymi облаками. Проблема может усугубляться отражениями верхнего дорожного освещения и фар автомобилей от мокрого дорожного покрытия, которое действует подобно зеркалу. К сожалению, ослепляющий свет является результатом рассеяния света в пространстве между водителем и наблюдаемым объектом, на него значительно влияют туман, дождь, грязь и вода на лобовом стекле. Проблема также во многом зависит от спектральных свойств, яркости и плотности светового потока источника ослепляющего света и времени воздействия на глаза; таким образом, основной защитой от этого воздействия является блокирование света защитным козырьком, прикрывание глаз рукой или опускание взгляда. Следовательно, ослепляющий свет зависит от внешних факторов, и исследование ZEISS показало, что эту проблему можно решить.

### Проблема дискомфорта яркого света от встречного транспорта

Дискомфортный яркий свет создается присутствием одного или нескольких ярких источников света в поле зрения с сильно отличающимися уровнями освещенности до того, как зрительная система успеет адаптироваться. Так как по мере старения человека время адаптации увеличивается, то можно предположить, что дискомфортный яркий свет, так же как и ослепляющий свет, является проблемой, с которой сталкиваются преимущественно пожилые водители [18, 19].

Дискомфортный яркий свет, создаваемый ксеноновыми или светодиодными фарами встречных автомобилей, хуже переносится по сравнению со светом галогенных фар. Исследования выявили корреляцию между количеством синего света в излучении от источников и ощущаемого дискомфорта яркого света [20]. Дискомфортный







	Диаметр зрачка	Освещенность, лк	Зрительная задача (примеры)	Коэффициент суммарной освещенности, %
	Большой			
Широкий зрачок ночью		0,01	Ночь	0
		1	Сумерки	5
Зрачок среднего размера в мезопических условиях		100	Кино	10
		500	Работа на ПК	50
Узкий зрачок днем		100	10 мин после заката	20
		2500	Пасмурная погода	15
	Маленький			

Рис. 7. Частота и продолжительность различных задач и уровней освещенности



Светодиодные Ксеноновые Галогенные

Рис. 8. Различные цветовые температуры светодиодных, ксеноновых и галогенных фар при сравнении рядом стоящих автомобилей

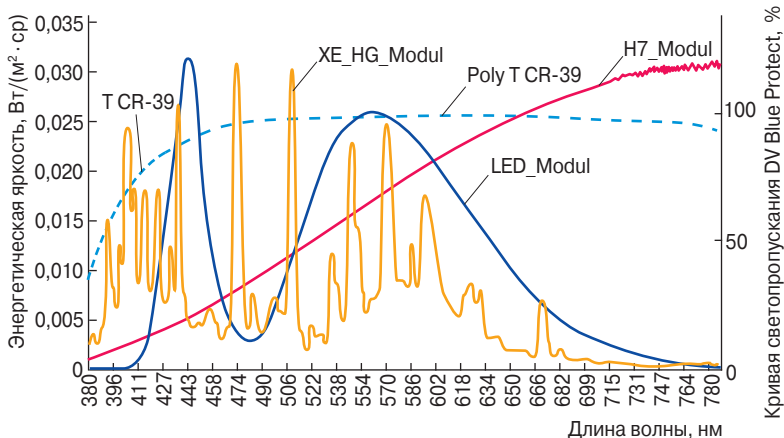


Рис. 9. Сплошные линии: спектральное излучение светодиодных, ксеноновых и галогенных автомобильных фар (источник: Hella KGaA Hueck & Co.)

Обратите внимание на выраженность в синей части спектра для светодиодных и ксеноновых ламп. Пунктирная линия – спектр светопропускания покрытия DriveSafe с характерным «провалом» в синем спектре

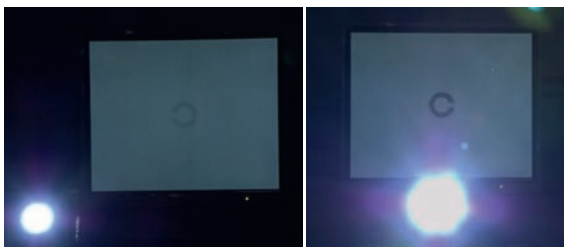


Рис. 10. Тестовая установка слепящего света с источником света и таблицей для проверки остроты зрения / оптотипом [20]

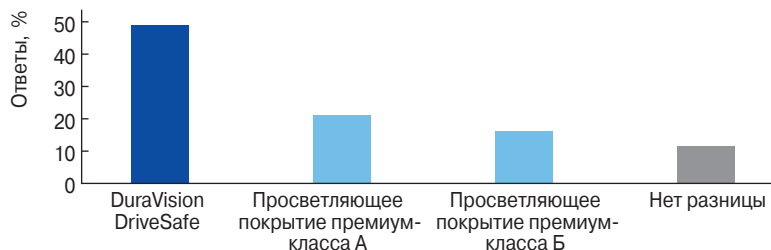


Рис. 11. Покрытие DriveSafe оценили как наиболее комфортное при слепящем освещении белым светом светодиодных ламп

В опросном листе допускалось несколько ответов на один вопрос, оценка ответов проводилась по шкале Де Воег

яркий свет не только доставляет неудобства, но и отвлекает внимание, в результате вождение становится небезопасным.

На рис. 8 показано выраженное сине-белое светодиодное свечение, с заметным сдвигом цветовой температуры (5500 К) по сравнению с источником желтоватого галогенного света с цветовой температурой 2800 К. Светодиодные фары также намного ярче галогенных благодаря большей интенсивности излучения в синей части спектра.

В общем, фары каждого типа у встречных автомобилей способны вызвать ослепление водителей; прежде всего уменьшенный выходной зрачок и смещение пика излучения в синюю область спектра ответственны за риск возникновения дискомфорта яркого света [13].

### Решение: покрытие DuraVision DriveSafe

Просветляющее покрытие DuraVision DriveSafe разработано так, чтобы спектр светопропускания был оптимизирован для поглощения дискомфорта яркого света от ксеноновых и светодиодных ламп. На рис. 9 показаны типичная энергетическая яркость ксенонового и светодиодного модулей, применяемых в фарах, и светопропускание покрытия DuraVision DriveSafe, нанесенного на линзы из CR-39 [21] и поликарбоната. Максимальный пик энергетической яркости белого света светодиодных ламп соответствует длине волны 440 нм в синей части спектра видимого света. Вместе с тем максимальная чувствительность зрительной системы при мезопических условиях освещения располагается между фотопическим пиком приблизительно 550 нм и скотопическим пиком около 510 нм [22]. Максимум светопропускания покрытия DuraVision располагается в мезопическом диапазоне, но резко уменьшается для более коротких волн, которые, скорее всего, и создают дискомфортный яркий свет. Для сравнения: ZEISS DuraVision Platinum не имеет характерного ослабления с учетом более коротких длин волн.

Для того чтобы оценить эффективность покрытия DuraVision DriveSafe по сравнению с двумя другими просветляющими покрытиями премиального класса, в исследовании ZEISS с участием 50 испытуемых сравнивалась его эффективность для визуального комфорта при воздействии ослепляющего света и при восприятии ослепляющего света в регулируемых условиях. В исследовании использовался светодиодный источник белого света, обеспечивающий два уровня ослепляющего света в процессе эксперимента (рис. 10), согласно регламенту ECE-112, который широко распространен в автомобильной промышленности [14].

Было протестировано и оценено влияние трех просветляющих покрытий на восприятие ослепляющего света. Результаты исследований подтвердили, что параметры порога контраста, частота спонтанных смыканий век и прищуривание соответствуют данным литературы. Значение дискомфорта яркого света было оценено по шкале Де Воег от 9 (еле ощутимое свечение) до 1 (невыносимо слепящий), которая использовалась в опросном листе [23]. Итак:

■ Покрытию DriveSafe отдали предпочтение в первую очередь почти 50% испытуемых; если сравнивать с альтернативными покрытиями А (22%) и В (18%), оно рассматривалось как «наиболее комфортное для того, чтобы смотреть на низ-

коконтрастный оптотип, под воздействием ослепляющего света от светодиодного источника белого света» (рис. 11).

■ Покрытие DriveSafe оценивалось как лучшее для «наименее воспринимаемого освещения» по сравнению с другими просветляющими покрытиями класса премиум. Показана разница 64% по сравнению с покрытием А и 40% по сравнению с покрытием В (рис. 12).

Несмотря на то что покрытие DuraVision DriveSafe может уменьшать воспринимаемый световой поток путем поглощения части видимого спектра, оно пропускает большую часть света, соответствующего мезопическим и фотоическим условиям, гарантируя максимальную способность видеть окружающую обстановку для безопасного управления транспортным средством в темное время суток. Подобно DuraVision Platinum покрытие DuraVision DriveSafe является антистатическим, поэтому к нему не прилипает пыль, обладает превосходными антиабразивными свойствами и легко поддается очистке.

### III. Проблема разноплановых зрительных задач

Специалистам важно представлять себе распределение оптических свойств по поверхности однофокальной очковой линзы и тем более прогрессивной и их соотношение с пространственной и временной структурами окружающей обстановки, а также зрительные задачи. Водители вынуждены справляться с чрезвычайно широко варьирующимися зрительными задачами, которым нужно уделить внимание. Очевидны потребности практически одновременно смотреть вперед на дорогу, на периферию, вдоль приборной панели и через зеркала заднего вида, всем этим задачам нужно уделять внимание. Этот набор конкурирующих задач требует частых движений глаз и головы, сопровождающихся изменениями направления взгляда, фокусировки и аккомодации. Анализ зрительных задач при вождении, проведенный ZEISS, привел к разработке нового решения для линз обоих типов: однофокальных и прогрессивных.

#### Проблема: стресс аккомодации и конвергенции и динамическое зрение

Динамика зрительного процесса во время движения включает в себя изменение направления взгляда, конвергенцию и аккомодацию. Динамика когнитивного процесса следует за динамикой зрительного процесса, но когнитивный процесс связан с фокусом внимания для данной задачи. И фокус внимания, и динамика зрительного процесса оказывают мощное влияние на безопасность вождения [24].

Каждый элемент динамической задачи выдвигает уникальные требования. Взгляд вперед на дорогу требует, чтобы оба глаза смотрели прямо вперед, то есть нет необходимости в конвергенции и, следова-

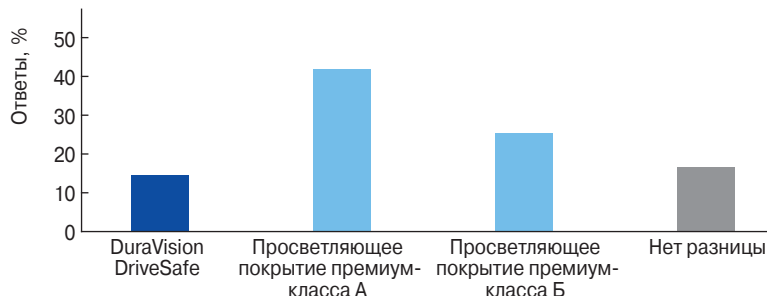


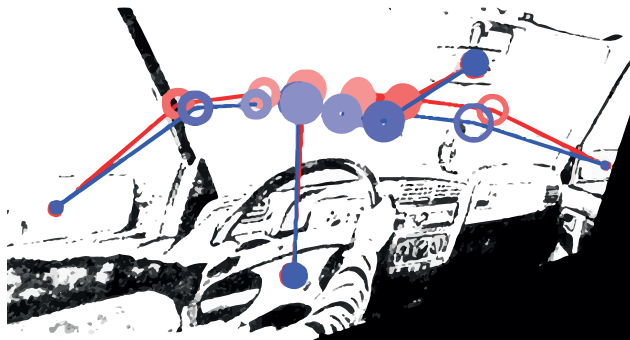
Рис. 12. Покрытие DriveSafe оценили как обеспечивающее самое слабое действие воспринимаемого свечения

В опросном листе допускалось несколько ответов на один вопрос, оценка ответов проводилась по шкале De Boer

тельно, аккомодация не включается. В идеале очковая линза для этой цели должна иметь очень широкую зону для дали. Подобным образом при взгляде через зеркала заднего вида конвергенция и аккомодация не требуются, однако поле зрения небольшое.

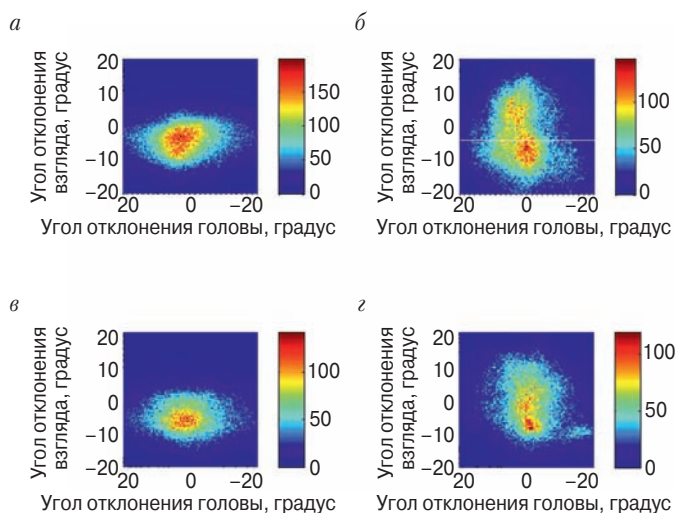
С одной стороны, поиск зеркала в виде быстрого саккадического движения глаз является критическим, поэтому на это действие тратится мало времени. Следовательно, нужно, чтобы очковые линзы минимизировали пространственные искажения, и в идеале надо обеспечить незначительную или полностью отсутствующую размытость зрительного восприятия в той части линзы, через которую обычно смотрят на зеркало. Эту позицию можно определить по количеству поворотов головы, которые вместе с углом поворота глаз определяют окончательные координаты направления взгляда. С другой стороны, рассматривание передней панели требует и конвергенции, и аккомодации у большинства водителей (исключением являются пациенты с выраженной пресбиопией, которым нужна коррекция зрения с помощью линзы высокой положительной оптической силы и которые полностью зависят от очков). Водитель должен быть в состоянии обнаружить объект, предварительно выбрав, на что переключить внимание. Исследования показали, что опытные водители уделяют большую часть внимания планированию траектории и сравнительно мало фиксировали взгляд на дороге перед собой [25]. Например, для проверки скорости водитель должен спланировать взгляд на спидометр, затем найти его путем изменения угла зрения, конвергенции и аккомодации. В процессе поиска управления в центре панели, например для регулировки температуры, требуется другая спланированная траектория зрения и точное, быстрое нахождение места. В идеале очковая линза должна обеспечивать четкое и широкое поле зрения в средней зоне, не создающее визуальных помех для эффективной ориентации в пространстве.

Для того чтобы лучше понять эти требования, ZEISS заказал исследования с использованием новейших автомобильных тренажеров с высококачественным видео Штутгартскому научно-исследовательскому институту автомобильного хозяйства и автомобильных двигателей [Research



**Рис. 13.** Движения головы и глаз по направлению к интересующим областям

Движения пользователей прогрессивных линз показаны красным, а однофокальных линз – синим. Совмещенные кружки показывают движения к боковым зеркалам и передней панели. Центральный кружок траектории каждого движения показывает положение завершения движения. Пользователи прогрессивных линз смещают голову дальше по направлению к интересующей области



**Рис. 14.** Тепловые карты движения глаз и головы:

*a* – взгляд пользователя контрольных линз; *б* – движение головы пользователя контрольных линз; *в* – взгляд пользователя прогрессивных линз; *г* – движение головы пользователя прогрессивных линз

Водители, носящие очки с прогрессивными линзами, проводят больше времени, держа голову выше, а глаза у них смотрят вперед по направлению к удаленной точке на дороге. Водители, носящие очки с однофокальными линзами, больше времени держат голову повернутой влево и наклоненной вниз, что отражает меньшее ограничение положения головы

Institute of Automotive Engineering and Vehicle Engines Stuttgart (FKFS)] [26]. Эти тренажеры имеют системы слежения за движениями головы и глаз для наблюдения за зрительной активностью водителя. Дополнительно была разработана программа дальнейших исследований в реальных условиях. Получены данные 44 тестируемых, суммарно накоплено более 33 ч чистого времени вождения.

Исследование показало, что водитель фокусируется на дороге перед автомобилем и на удаленных движущихся объектах около 97% времени, смотрит на переднюю панель 2% времени и попеременно смотрит на несколько зеркал заднего вида 1% времени. Если бы время было единственным требованием при разработке линз, то было бы логично разрабатывать линзы для водителей только в расчете на зрение вдаль. Ситуация осложняется из-за того, что изменения задачи и внимания замедляют время реакции, это может приводить к несчастным случаям.

В зрительной динамике вождения движения головы и глаз взаимосвязаны и скоординированы. Пользователи прогрессивных линз вынуждены совершать больше движений головой, чем те, кто носит однофокальные линзы, для того чтобы избежать зон, в которых не достигается точная положительная оптическая сила для определенной задачи или которые дают более высокий уровень aberrаций.

Исследования в FKFS обнаружили, что:

- пользователи прогрессивных линз совершают горизонтальные движения головой большей амплитуды, для того чтобы удерживать взгляд в зонах четкого зрения, в процессе смотрения на различные интересующие области (рис. 13);

- пользователи прогрессивных линз держат голову прямее, и их взгляды чаще направлены прямо вперед, указывая, что уменьшение поля зрения вдаль в прогрессивных линзах влияет на положение головы (рис. 14).

В результате дальнейших исследований ZEISS обнаружено, что ближайший наблюдаемый объект располагается на передней панели, приблизительно в 75 см от глаз водителя. Следовательно, в процессе вождения зона для близи прогрессивной линзы, рассчитанная для более близкого расстояния, фактически не используется.

### Решение: технология DriveSafe

Дизайн DriveSafe был создан для обеспечения превосходных динамических характеристик зрения с дополнительной шириной зоны для дали и четкого зрения вдаль. У однофокальных линз периферийные области оптимизируются для остроты зрения вдаль. У прогрессивной линзы ширина зоны вдаль была увеличена, для того чтобы позволить легче находить зеркала заднего вида и смотреть через них. Поскольку быстрые и естественные перемещения взгляда в направлении передней панели важны для получения точной информации, вся технология DriveSafe приспособлена для того, чтобы облегчить водителю выполнение зрительных задач при некоторых жестких, неподвижных положениях головы, обнаруженных в процессе изучения на тренажерах FKFS. Дополнительная ширина зоны для зрения вдаль помогает снизить воздействие резкого увеличения положительной оптической силы, и разработанный более длинный коридор прогрессии снижает градиент возрастания оптической силы. Одновременно с расширением зоны для зрения вдаль была увеличена и зона для зрения на промежуточной дистанции во всех направлениях, в том числе и вверх. У прогрессивной линзы DriveSafe размер зоны для зрения вблизи слегка уменьшен по сравнению с другими прогрессивными линзами ZEISS, но с более длинным смещением коридора вверх; это обеспечивает достаточные характеристики зоны для зрения вблизи для выполнения типичных задач повседневной жизни помимо вождения автомобиля.



На рис. 15, а показано увеличение оптической силы в прогрессивных линзах DriveSafe, а на рис. 15, б – периферийный астигматизм. Благодаря успешному решению задач при разработке линзы размер поля зрения в зоне для дали увеличен на 14%, а в зоне для промежуточного расстояния – на 43% по сравнению с линзой ZEISS Precision Superb (рис. 16). Эти характеристики обеспечили более широкий обзор дороги, легкий доступ к боковым зеркалам и содействовали более быстрому и легкому переключению внимания между индикаторами на передней панели и другими действиями во время вождения.

С учетом изложенных факторов технология DriveSafe повышает возможности удобного, бесстрессового вождения. И однофокальные, и прогрессивные линзы, разработанные по технологии DriveSafe, полностью пригодны для любых видов повседневной деятельности.

## Выводы

Благодаря линзам ZEISS DriveSafe брошен вызов всем трем проблемам для обеспечения повышенного комфорта и безопасности. Линзы ZEISS DriveSafe позволили определить и решить три главные проблемы зрения:

- трудности зрительного восприятия при низких уровнях освещения;
- дискомфортный яркий свет, вызываемый современными фарами высокой интенсивности;
- стресс, создаваемый сложностью динамического зрения.

ZEISS разработал технологию DriveSafe для создания трех новинок, которые отличаются принципиальным обеспечением безопасности (рис. 17). Технология *Luminance Design* обеспечивает широкие зоны четкого зрения даже при расширенном зрачке в условиях низкой освещенности при вождении. Покрытие *DuraVision DriveSafe* решает проблему дискомфорта яркого освещения, создаваемого современными светодиодными и ксеноновыми фарами. Дизайн *DriveSafe* разработан для повышения комфорта и снижения стресса во время выполнения сложных зрительных задач при вождении. Все три компонента работают вместе для повышения безопасности, особенно в опасных условиях вождения, создаваемых тусклым светом, туманом или дождем. Эти характеристики определяются для того, чтобы отвечать на озабоченность и нужды 83% водителей, пользующихся очковыми линзами. Они также выполняют требования 72% пользователей очковых линз, которые очень заинтересованы иметь одни-единственные очки, чтобы справиться со всеми зрительными проблемами, возникающими во время вождения.

Проводились клинические испытания для сравнения эффективности и приемлемости линз DriveSafe при использовании водителями. Испытания показали очень высокий уровень одобрения (более

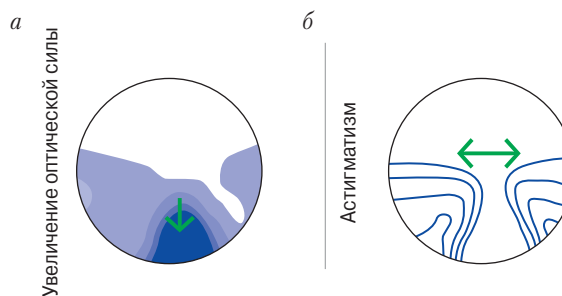


Рис. 15. Линзы DriveSafe:

а – взгляд на близко расположенные объекты в салоне автомобиля проходит через зону для зрения на промежуточном расстоянии, где происходит медленная прогрессия оптической силы; б – зрение вдаль через широкую оптическую зону для дали

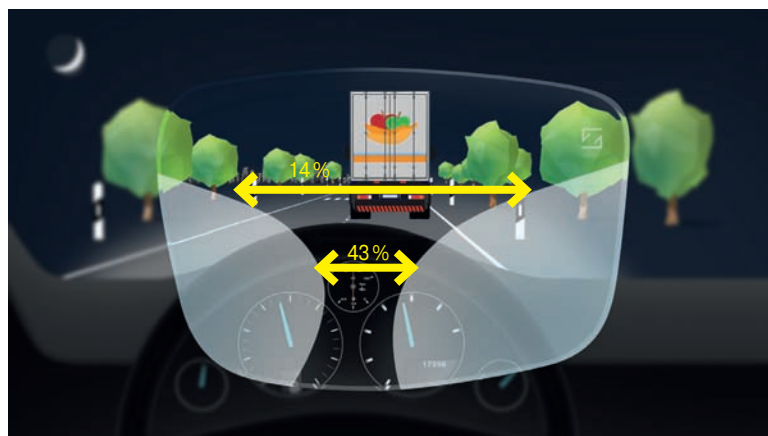


Рис. 16. Более широкие зоны для зрения вдаль и на промежуточном расстоянии у линз DriveSafe

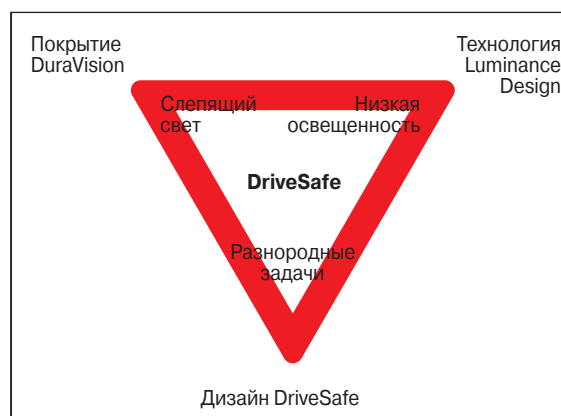


Рис. 17. Три новинки от ZEISS

95%) для линз DriveSafe. Оценивались общее удобство в процессе вождения, вождение в темноте и сумерках, динамическое зрение вблизи, на промежуточной дистанции и вдаль, цветовосприятие, ослепление от света фар. Тестируемые также высоко оценили линзы DriveSafe для обычной деятельности, во время работы в офисе и выполнения домашних дел.

Линзы DriveSafe являются единственными линзами, разработанными для облегчения вождения, кроме того, они пригодны для любой повседневной деятельности.

## Список литературы

1. ZEISS data on file. Market research study (August 2013) with ECPs & consumers with 480 participants in USA and Germany 2.

2. *Bundesanstalt für Strassenwesen: Das Unfallgeschehen bei Nacht (Eine Auswertung der amtlichen Strassenverkehrsunfallstatistik)*, Bergisch Gladbach, Dipl.-Stat. Susanne Schönebeck, www.bast.de.
3. *Hella KGaA Hueck & Co., Überblick Geschäftsbereich Licht*, Februar 2014, unter: [https://www.hella.com/hella-com/assets/media/Praesentation\\_Geschaeftsbereich\\_Licht\\_-\\_Kurzfassung\\_DE.pdf](https://www.hella.com/hella-com/assets/media/Praesentation_Geschaeftsbereich_Licht_-_Kurzfassung_DE.pdf).
4. *2010 Motor Vehicle Crashes: Overview*; February 2012, US Department of Transportation Traffic Safety Facts.
5. *Plainis, S., I. J. Murray, and I. G. Pallikaris.* "Road traffic casualties: understanding the night-time death toll." *Injury Prevention* 12.2 (2006): 125–138.
6. *Frost & Sullivan Market Insight (January 2009) Automatic Exterior Lighting – Lighting up Roads and Lives!* published at <http://www.frost.com/prod/servlet/market-insight-print.pag?docid=155651107>.
7. *Subjective and Objective Aspects of Headlamp Glare: Effects of Size and Spectral Power Distribution*; M. J. Flanagan, Report No. UMTRI-99-36 November 1999; University of Michigan Transportation Research Institute Ann Arbor, Michigan.
8. *Mainster, M. A., Timberlake, G. T.* Why HID headlamps bother older drivers; *Br J Ophthalmol* 2003; 87:113–117.
9. *Pelz, J. B., & Canosa, R.* (2001). Oculomotor behavior and perceptual strategies in complex tasks. *Vision Res*, 41(25), 3587–3596.
10. *Rahimi M, Briggs RP, Thom DR.* A field evaluation of driver eye and head movement strategies toward environmental targets and distractors. *Appl Ergon.* 1990 Dec; 21(4): 267–74. PubMed PMID: 15676781.
11. *Chu BS, Wood JM, Collins MJ.* Influence of presbyopic corrections on driving-related eye and head movements. *Optom Vis Sci.* 2009 Nov; 86(11): E1267–75. doi: 10.1097/OPX.0b013e3181bb41fa. PubMed PMID: 19786931.
12. *Niedenzu, L.* "Blendung oder Nachtmyopie – Was hat einen grösseren Einfluss auf das Kontrastsehen bei Nacht?", L-LAB, Hella KGaA Hueck & Co., 2013.
13. *Locher, Schmidt, Isenbort, Kley, Stahl.* Blendung durch Gegenverkehr: Scheinwerefereigenschaften, Sehleistung und Blendgefühl, Hella KGaA Hueck & Co., L-LAB, 2007.
14. *Niedenzu, Laura.* Spektrale Einflüsse auf Blendung im Strassenverkehr im Zusammenhang mit Brillenglasbeschichtungen, Carl Zeiss Vision, HTW Aalen, 2014.
15. *This is the principle behind ZEISS i.Scription lenses* 16. The chief ray is the single ray originating at an object point being viewed by the eye, which passes through the centre of the pupil after being refracted by the spectacle lens.
17. *Landgrave J. E. A., Moya-Cessa J. R.* "Generalized Coddington equations in ophthalmic lens design," *J. Opt. Soc. Am. A.*, 1996 13: 1637–44.
18. *Pulling NH, Wolf E, Sturgis SP, et al.* Headlight glare resistance and driver age. *Hum Factors* 1980; 22: 103–12.
19. *Kline DW.* Light, ageing and visual performance. In: Marshall J, ed. *The susceptible visual apparatus*. London: Macmillan Press, 1991: 150–61.
20. *Sivak et al.* Blue content of LED headlamps and discomfort glare, The university of Michigan, Transportation Research Institute, 2005.
21. "CR39" is a registered trademark or trademark of PPG Industries Ohio, Inc.
22. *Modeling spectral sensitivity at low light levels based on mesopic visual performance*; M. Vikari, A. Ekrias, M. Eloholma, L. Halonen; *Clinical Ophthalmology* 2008; 2(1) 173–185.
23. *De Boer, J. B.* "Visual perception in road traffic and the field of vision of the motorist." *Public lighting* (1967): 11–96.
24. *Underwood, G.; Chapman, P.; Brocklhurst, N.; Underwood, J.; Crundall, D.* Visual attention while driving: Sequences of eye fixations made by experienced and novice drivers, *Ergonomics*, 46, 629–646, 2003.
25. *Lehtonen, E., Lappi, O., Koirikivi, I., & Summala, H.* (2014). Effect of driving experience on anticipatory look-ahead fixations in real curve driving. *Acc Anal Prev*, 70, 195–208.
26. *Research Institute of Automotive Engineering and Vehicle Engines Stuttgart (FKFS)* <http://www.fkfs.de>.
27. *ZEISS data on file.* Internal wearer trial (ZEISS, Germany in 2014) with 50 subjects; and external wearer trials with eye care professionals and 60 consumers (Spain, 2014).

A mage source: <http://i.ytimg.com/vi/utfW04kT5Ug/mqdefault.jpg>.

### DriveSafe lenses by ZEISS

Driving a car is a modern necessity for most spectacle wearers and many drivers are faced with discomfort and anxiety when driving in difficult lighting and poor visibility. Their worries are justified: statistics reveal a much higher risk of fatal accidents in those conditions. The causes are well understood and a spectacle lens for drivers should mitigate the risks of discomfort glare from automotive headlamps and the decreased spatial and temporal vision abilities that accompany mesopic vision. ZEISS introduces new DriveSafe lenses in both single-vision and progressive designs that are well-suited for all daytime activities but perform especially well when driving at dusk or at night.

**Keywords:** brightness, coating, driving, glare, luminance, progressive lenses, single focal lenses