

УДК 9. 681.73.066

<https://doi.org/10.33791/2222-4408-2025-3-261-263>

Ахроматическая склейка в корригирующих очках

М.В. Агринский¹, Д.Г. Откупман^{2*}¹ ООО «Хромо Взгляд»,

127562, Российская Федерация, г. Москва, ул. Декабристов, д. 10

² ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии»,

105064, Российская Федерация, г. Москва, Гороховский пер., д. 4

* e-mail: odvk@ya.ru

Резюме

В работе предлагается подход, основанный на использовании специального состава для склеивания полимерных линз, что позволяет создавать многослойные оптические системы для корригирующих очков с более эффективной коррекцией аберраций.

Ключевые слова: полимеры, средства коррекции зрения, оптический клей, хроматические аберрации

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: работа проводилась при поддержке Фонда содействия инновациям.

Для цитирования: Агринский МВ, Откупман ДГ. Ахроматическая склейка в корригирующих очках. The EYE ГЛАЗ. 2025;27(3):261–263. doi: 10.33791/2222-4408-2025-3-261-263

*Поступила: 08.03.2025**Принята после доработки: 01.08.2025**Принята к публикации: 01.08.2025**Опубликована: 30.09.2025*

Achromatic cemented lenses in corrective glasses

Mikhail V. Agrinsky¹, Dmitriy G. Otkupman^{2*}¹ Chromo View,

10, Dekabristov Str., Moscow, 127562, Russian Federation

² Moscow State University of Geodesy and Cartography,

4 Gorokhovskiy Lane, Moscow, 105064, Russian Federation

* e-mail: odvk@ya.ru

Abstract

This study proposes an approach based on the use of a special adhesive composition for cementing polymer lenses, enabling the creation of multilayer optical systems for corrective glasses with more effective aberration correction.

Keywords: polymers, vision correction devices, optical adhesive, chromatic aberrations

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Funding: this work was supported by the Foundation for Assistance to Innovation.

For citation: Agrinsky MV, Otkupman DG. Achromatic cemented lenses in corrective glasses. The EYE GLAZ. 2025;27(3):261–263. doi: 10.33791/2222-4408-2025-3-261-263

*Received: 08.03.2025**Revised and accepted: 01.08.2025**Accepted for publication: 01.08.2025**Published: 30.09.2025*

Введение

Для изготовления очковых линз все шире применяются полимерные (пластиковые, органические) материалы, которые по сравнению с традиционными силикатными стеклами значительно легче. Это делает их более комфортными для ношения, особенно в течение длительного времени, и более устойчивыми к ударам и повреждениям, что делает их более безопасными. В настоящее время многие фирмы-изготовители очковой оптики отдают предпочтение таким полимерным материалам, как по-

ликарбонат (ПК), аллилдигликолькарбонат (АДК) или CR-39® и полиметилметакрилат (ПММА) [1].

При всех преимуществах одиночные очковые линзы из полимеров (впрочем, как и одиночные линзы из силикатного стекла) обладают существенным недостатком – невозможностью эффективно исправить хроматические аберрации, что для линз с оптической силой более $\pm 3,0$ диоптрий приводит к появлению цветных «ореолов» вокруг изображений объектов, особенно заметно проявляющихся в краевых зонах формируемого изображения.

Как следствие, линзы с сильно выраженными aberrациями уменьшают качество световой информации, попадающей на сетчатку. Особенностью обработки такой информации аналитическим аппаратом человека является то, что при длительном использовании таких линз человек как бы перестает замечать эти искажения – информация о них поступает в мозг человека, где происходит ее коррекция (фильтрация). В результате увеличения потока обрабатываемой информации растет нагрузка как на головной мозг, так и на органы зрения. Люди быстрее и чаще устают, происходит ухудшение зрения, возникают головные боли, нервозность и другие пагубные последствия [2, 3]. Учитывая, что в последнее время количество населения с миопией средней и высокой степени увеличивается [4], проблема устранения хроматических aberrаций в очковых линзах становится все более актуальной.

Ахроматизация очковых линз

В существующей практике производители очковых линз и оправ не устраняют влияние хроматических aberrаций, лишь пытаются уменьшить их влияние, а именно:

- индивидуальным изготовлением и подгонкой очков под анатомические особенности клиента для соблюдения величины пантоскопического наклона оправы;

- спектральной коррекцией зрения за счет нанесения многослойных фильтрующих покрытий. Так, например, линзы для очков могут не пропускать фиолетовый и снижать интенсивность синего и зеленого цветов, что, с одной стороны, снижает зрительную нагрузку, с другой – снижает и информативность наблюдения [5, 6].

Принципиальное отличие ахроматического оптического компонента от обычной одиночной линзы в том, что он состоит из двух склеенных линз, одна из которых положительная, а другая – отрицательная, при этом линзы должны быть изготовлены из оптических материалов с различной дисперсией, и это позволяет осуществлять aberrационную хроматическую коррекцию, например уравнивать задние фокальные отрезки для синего и красного цветов.

Склеивание линз само по себе никак не влияет на ахроматические свойства, однако позволяет уменьшить отражение света от поверхностей линз, снизить требования к точности изготовления склеиваемых поверхностей и облегчить последующий монтаж.

Метод ахроматизации оптических систем известен давно, но для очковых линз он не был практически реализован по разным причинам:

- когда оптическая схема из двух несклеенных линз требует большого набора оправ для монтажа оптической системы с целью достижения нужной оптической силы (диоптрийности);

- когда склеены (бальзамином или другим известным оптическим клеем) линзы из неорганических силикатных стекол – тогда вес очков увеличивается в 2 раза и более;

- линзы требуемых для очков Ø50 мм и более из полимерных материалов не склеивают по причине отсутствия клеевого состава, обеспечивающего все требования к такому конструктиву.

По нашему мнению, для обеспечения конкурентных преимуществ ахроматический компонент для очков должен соответствовать следующим требованиям:

- к *конструктиву*. Ахроматические линзы по сравнению с аналогами (по диоптрийности) должны отличаться по весу не более чем на 10%. Для достижения этой цели толщина склеиваемых линз по краю или по центру (в зависимости от типа линзы) должна быть минимальной;

- к *клеевому составу*. Клей должен иметь высокую прозрачность и бесцветность в диапазоне спектра 400÷700 нм, показатель преломления после отверждения $n_D = 1,49 \div 1,58$, оптическую однородность, низкое светорассеяние, низкую люминесценцию, сохранение оптических свойств в интервале температур $\pm 50^\circ\text{C}$, отсутствие разрушения или существенных напряжений в слое толщиной 10÷20 мкм отвержденного клея, нарастание вязкости, достаточное для проведения центрирования склеиваемых деталей, нетоксичность, достаточную прочность, высокую эластичность, сохранение свойств во времени, устойчивость к воздействию влаги. Кроме того, в состав клея не должны входить растворители – они портят поверхность полимерных линз.

Оптический клей

Традиционные клеи – эпоксидные, полиуретановые, силиконовые и т.д. – по совокупности предъявляемых требований непригодны для склейки полимерных очковых линз. Наиболее близким по требованиям клеем является Cosmofen Ca-12 (Германия). Однако его время схватывания единицы секунд делает невозможным центрирование деталей.

Исходя из вышеизложенного, на предприятии ООО «Хромо Взгляд» была разработана специальная технология склеивания линз и создан эластичный оптический клей, включающий основу и отвердитель полиоксипропиленамин и жидкую фотоустойчивую присадку 2-окси-4-алкоксибензофенон. В качестве основы применяется смесь эпоксидиановой смолы УП 631 и диглицеდიлового эфира 1,4-бутандиола. При использовании клея снижается френелевское отражение, а также увеличивается пропускание и фотоустойчивость при одновременном повышении защиты глаз от опасного УФ-излучения [7, 8].

Очковая склейка

В качестве примера для сравнения на рисунке 1 показана одиночная очковая линза из CR-39 и склейка из ПК с CR-39, а ниже представлена диаграмма пятна рассеяния на формируемом изображении для центрального, крайнего и зонального

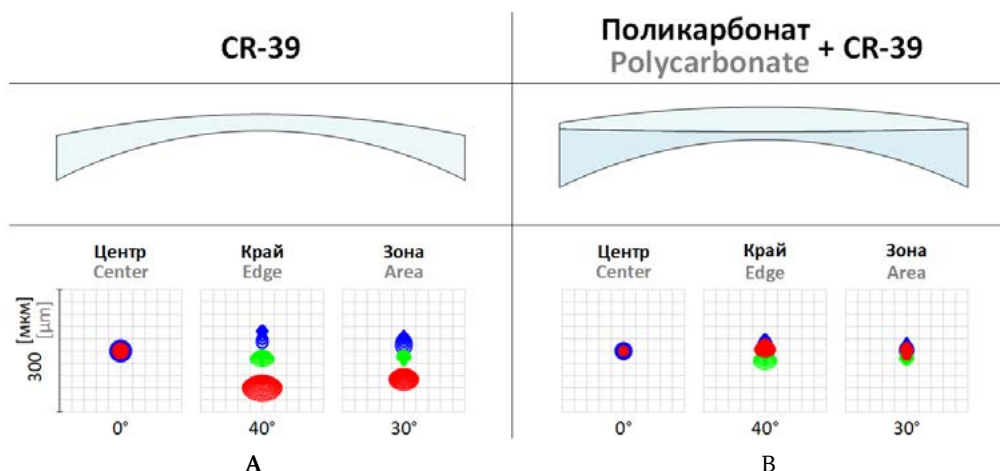


Рис. 1. Схематические изображения и диаграммы пятна рассеяния одиночной очковой линзы (А) и очковой линзы в виде склейки (В) с оптическими силами –5 дптр

Fig. 1. Schematic representations and spot diagrams of a single spectacle lens (A) and a cemented spectacle lens (B), both with optical power of –5 D

поля лучей. Синий цвет на диаграмме соответствует длине волны излучения 480 нм, зеленый – 546,1 нм и красный – 643,8 нм.

Для однофокальных очковых линз из сферических поверхностей, предназначенных для коррекции миопического зрения, по результатам расчетов установлено, что среднеквадратичное значение aberrаций для одиночной линзы составляет ~115 мкм, тогда как для склеенного компонента это значение ~45 мкм.

Заключение

Разработан уникальный клей, обеспечивающий надежное соединение полимеров, в частности с целью применения для очковых линз. Как и было ожидаемо, модельные эксперименты показывают, что использование полимерных склеек в разы снижает уровень хроматических aberrаций, улучшая тем самым качество формируемого изображения. Таким образом, полученные результаты открывают новые возможности для разработки очковой оптики с улучшенными характеристиками.

Вклад авторов: авторы внесли равный вклад в эту работу.

Authors' contributions: the authors contributed equally to this work.

Литература / References

1. Chandrinos A. A Review of polymers and plastic high index optical materials. *J. Mater. Sci. Res. Rev.* 2021;4(2):185–198.

Сведения об авторах

Агринский Михаил Владимирович, генеральный директор ООО «Хромо Взгляд»; e-mail: magr829@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9692-7836>

Откупман Дмитрий Григорьевич, аспирант кафедры прикладной оптики и старший преподаватель кафедры оптико-электронных приборов ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии»; e-mail: odvk@ya.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0054-3155>

2. Winter S, Fathi MT, Venkataraman AP, et al. Effect of induced transverse chromatic aberration on peripheral vision. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis.* 2015;32(10):1764–1771. doi: 10.1364/JOSAA.32.001764. PMID: 26479929.
3. Tang CY, Charman WN. Effects of monochromatic and chromatic oblique aberrations on visual performance during spectacle lens wear. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1992;12(3):340–349.
4. Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology.* 2016;123(5):1036–1042. doi: 10.1016/j.opthta.2016.01.006
5. Mainster MA. Violet and blue light blocking intraocular lenses: photoprotection versus photoreception. *Br J Ophthalmol.* 2006;90(6):784–792. doi: 10.1136/bjo.2005.086553
6. Дедиашвили НГ, Шелудченко ВМ. Спектральная коррекция зрения и электрофизиологические показатели глаза. *Вестник офтальмологии.* 2018;134(5):231–237. doi: 10.17116/oftalma2018134051231
Dediashvili NG, Sheludchenko VM. Spectral correction of vision and electrophysiological measurements of the eye. *Russian Annals of Ophthalmology.* 2018;134(5):231–237 (In Russ.). doi: 10.17116/oftalma2018134051231
7. Акатьева МА, Беспамятнов ДА., Бугаев АС., Голиков ИП. Оптический клей. Патент RU 2819446 C2, 21.05.2024.
Akateva MA., Bepamiatnov DA., Bugaev AS., Golikov IP. Optical adhesive. Patent RU 2819446 C2, 21.05.2024 (In Russ.).
8. Агринский МВ, Волынкин ВМ, Откупман ДГ. Нестандартные материалы для создания оптических систем. *Фотоника.* 2025;19(1):40–48 (In Russ.). doi: 10.22184/1993-7296.FRos.2025.19.1.40.48
Agrinsky MV, Volynkin VM, Otkupman DG. Non-standard materials for optical system development. *Photonics Russia.* 2025;19(1):40–48. doi: 10.22184/1993-7296.FRos.2025.19.1.40.48

Information about the authors

Mikhail V. Agrinsky, General Director, Chromo View; e-mail: magr829@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9692-7836>

Dmitriy G. Otkupman, PhD student, Department of Applied Optics; Senior Lecturer, Department of Optoelectronic Devices, Moscow State University of Geodesy and Cartography; e-mail: odvk@ya.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0054-3155>