

УДК 681.73.066: 617.7-76: 53.082.53

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТНО ОКРАШЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ЛИНЗ

А.А. Кременская, Е.К. Пруненко

Окрашивание полимерных очковых линз используется для изготовления солнцезащитных очков. Исследовано влияние времени поверхностного окрашивания полимерного материала CR-39 и концентрации раствора красителя на изменение его спектральных характеристик и показателя преломления. Показано, что с увеличением времени поверхностного окрашивания показатель преломления и коэффициент пропускания уменьшаются.

Ключевые слова: поверхностное окрашивание, полимерный материал CR-39, показатель преломления, коэффициент пропускания.

Введение

Очковые линзы из полимерных материалов занимают лидирующую позицию на рынках очковой оптики США, многих стран Западной Европы и России. Хорошие оптические свойства, меньшая, по сравнению с линзами из неорганического стекла, плотность, высокопроизводительный способ производства, позволяют получать качественные линзы различного типа и дизайна. Цветные солнцезащитные линзы получают путем окрашивания в объеме или с помощью поверхностного окрашивания.

Поверхностное окрашивание достигается путем равномерного или градиентного окрашивания полимерных линз. Поверхностное окрашивание полимерных линз производят в водных дисперсных растворах красителей при повышенной температуре (70–96°C). В основе окрашивания лежит процесс диффузии красителя в поверхностный слой линзы с адсорбцией полярных групп красителя на активных центрах полимера. В состав красильных композиций входят различные диспергаторы, смачиватели, активаторы для обеспечения однородности и интенсификации процесса окраски. Равномерная адсорбция молекул красителя в поверхностном слое линз обеспечивает одинаковую оптическую плотность по всему диаметру и позволяет получать равномерно окрашенные линзы высоких рефракций [1].

В настоящее время для окрашивания полимерных линз применяют импортные красители различных фирм: BPI (США), Phantom Research Laboratories Inc. (США), Gerber Coburn Optical International Inc. (США), Shades (США), Opticsol Super (Италия), Chemco (Великобритания) и др. Концентрат красителей выпускают как в жидких формах, так и в виде порошка.

Производители красителей для поверхностного окрашивания представляют до 188 оттенков и при этом не указывают спектральные характеристики этих красителей. В результате салоны оптик, окрашивающие линзы, придерживаются рекомендаций производителей по окрашиванию, не зная спектральные характеристики красителей и материалов очковых линз. Изменение спектральных характеристик после поверхностного окрашивания очковых линз очевидно. В большинстве случаев салоны оптик проводят только контроль цвета и оттенка поверхностно окрашенных очковых линз по образцу. Так же не известно изменение показателя преломления после поверхностного окрашивания очковых линз. Данная работа посвящена исследованию параметров (показатель преломления и спектральные характеристики) поверхностно окрашенных полимерных материалов для очковой оптики.

Результаты исследования

Для исследования параметров полимерных очковых линз были выбраны линзы из материала CR-39 марки ORMA-15 компании «Эссилор» (Франция) с задней вершинной рефракцией 0,0 дптр. Спектральные характеристики были измерены на спектрофотометре СФ-26, показатель преломления измерялся на рефрактометре ИРФ-454 БМ.

Для поверхностного окрашивания использовались дисперсные растворы органических красителей. Растворы красителей разводились дистиллированной водой в красильных стаканах. Перед окрашиванием проводилась проверка поверхностей линз, после чего их помещали в держатель и промывали в растворе моющего средства. После промывания, целью которого являлось обезжиривание поверхности, линзы помещались в красильные растворы. При проведении процесса окрашивания необходимо регулярно контролировать температуру в красильном стакане – для воспроизводимости результатов окрашивания температура должна быть постоянной [1].

Полимерные очковые линзы, используемые в исследовании, окрашивались при температуре красильных растворов 80°C. Очковые линзы были поверхностно окрашены в следующие цвета: фиолетовый,

голубой, розовый, оранжевый, антифара, желтый, коричневый, серый и зеленый. В каждый цвет окрашивалось по 7 образцов с выдерживанием в красильном растворе от 0,5 до 3,5 мин с шагом 0,5 мин. Это было сделано для определения зависимости изменения спектральных характеристик от времени окрашивания при постоянной температуре. Для исследования влияния концентрации красителя в растворе на изменение спектральных характеристик поверхностно окрашенных очковых линз использовался зеленый краситель с объемными долями в растворе 16,7; 20; 25; 33,3%. Окрашивание проводилось при постоянной температуре 80°C и времени окрашивания образцов от 0,5 до 2,5 мин с шагом 0,5 мин. После поверхностного окрашивания были проведены измерения спектральных характеристик и показателей преломления очковых линз при помощи спектрофотометра СФ-26 и рефрактометра ИРФ-454 БМ.

Спектрофотометр СФ-26 предназначен для измерения пропускательной способности T и оптической плотности D исследуемых образцов. Измерение производится по методу электрической автокомпенсации [2].

Принцип действия рефрактометра ИРФ-454 БМ основан на явлении полного внутреннего отражения при прохождении светом границы раздела двух сред с разными показателями преломления.

На рефрактометре модели ИРФ-454 БМ можно исследовать вещества с показателем преломления от 1,2 до 1,7. Точность измерения показателя преломления на рефрактометре составляет $\pm 1 \cdot 10^{-4}$ [3]. В качестве иммерсионной жидкости использовался анилин с показателем преломления $n_D=1,586$.

Результаты измерения показателя преломления поверхностно окрашенных полимерных очковых линз в зависимости от времени окрашивания приведены в таблице.

Время окрашивания, мин	Коричневые	Зеленые	Голубые	Розовые	Оранжевые	Антифара	Желтые	Фиолетовые
0	1,4976	1,4989	1,4986	1,4999	1,5	1,4985	1,499	1,5
0,5	1,4975	1,4988	1,5	1,4995	1,4993	1,5005	1,4996	1,5
1	1,4975	1,4979	1,4983	1,5	1,5005	1,5	1,5002	1,5006
1,5	1,4979	1,4985	1,4989	1,4999	1,4985	1,499	1,4989	1,501
2	1,4975	1,498	1,4986	1,5	1,5	1,499	1,5002	1,501
2,5	1,497	1,4974	1,499	1,5004	1,5	1,4998	1,4988	1,5005
3	1,4974	1,498	1,499	1,5009	1,4992	1,4985	1,5006	1,501
3,5	1,4965	1,4976	1,4978	1,4984	1,5	1,4994	1,4996	1,5

Таблица. Значения показателя преломления поверхностно окрашенных в разные цвета очковых линз

Из таблицы видно, что показатель преломления поверхностно окрашенных очковых линз изменяется в третьем знаке после запятой, в зависимости от цвета и времени окрашивания. Это связано с тем, что показатель преломления поверхностно окрашенной очковой линзы из полимерного материала CR-39 при окрашивании приобретает комплексную составляющую поглощения:

$$n = n_1 \pm ix,$$

где ix – ослабление амплитуды при прохождении света в поглощающей среде [4].

На рис. 1 приведены спектральные характеристики поверхностно окрашенных полимерных очковых линз фиолетового, оранжевого, коричневого цветов и аппроксимированные зависимости коэффициентов пропускания от времени поверхностного окрашивания для длин волн 350, 550 и 780 нм.

Спектральные характеристики полимерных очковых линз меняются при поверхностном окрашивании линз красителями разных цветов. Появляются полосы поглощения в поверхностно окрашенном материале очковых линз для каждого цвета в спектральном диапазоне поглощения красителя.

Коэффициент пропускания для линз всех цветов в зависимости от времени окрашивания меняется по экспоненциальной зависимости. Показатель степени экспоненциальной функции растет с увеличением длины волны.

Спектральные характеристики коэффициентов пропускания очковых линз, поверхностно окрашенных при объемных долях красителя в растворе 16,7; 20; 25; 33,3% для образцов окрашенных в разное время приведены на рис. 2.

Исследуя графики рис. 2, а–г, можно сделать следующие выводы. Полосой поглощения является диапазон от 550 нм до 650 нм и короче 450 нм. Чем больше концентрация красителя, тем меньше становится максимум коэффициента пропускания. Время окрашивания полимерного материала влияет на изменение спектральных характеристик, чем больше время окрашивания, тем ниже коэффициент пропускания поверхностно окрашенных материалов.

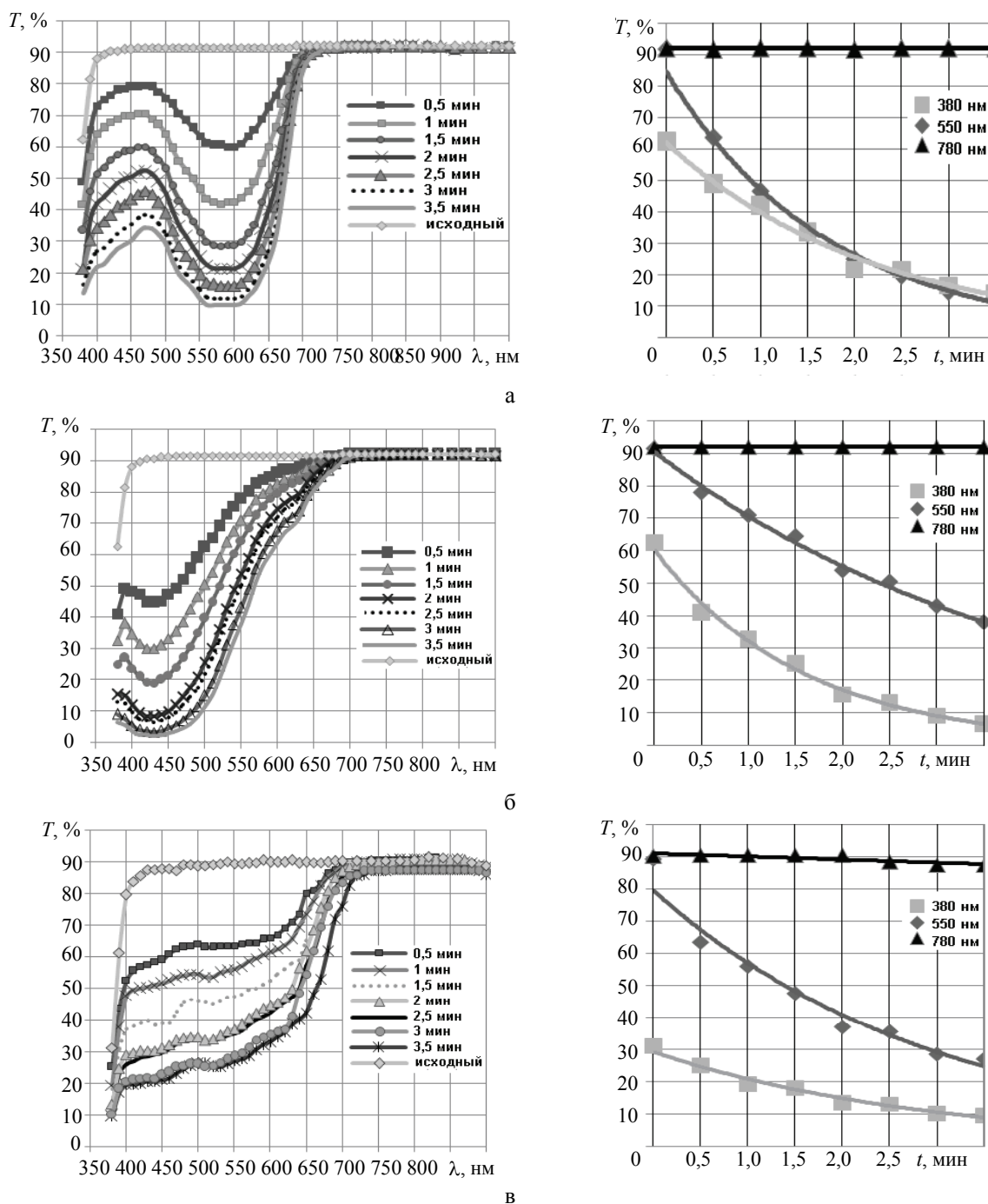


Рис. 1. Спектральная характеристика коэффициента пропускания и зависимость коэффициента пропускания от времени поверхностного окрашивания красителями: а – фиолетового цвета; б – оранжевого цвета; в – коричневого цвета

На рис. 3 приведена зависимость оптической плотности от концентрации красителя в красильном растворе для трех образцов, окрашиваемых 0,5, 1,5 и 2,5 мин. По оси ординат отложена оптическая плотность для длины волны 540 нм.

Функция оптической плотности от концентрации красителя в красильном растворе имеет полиномиальную зависимость. С увеличением концентрации красителя в растворе увеличивается значение оптической плотности поверхностно окрашенного материала очковой линзы. Углы наклона кривых (рис. 3) растут с увеличением времени поверхностного окрашивания, что говорит об увеличении поглощения в поверхностном слое окрашенного материала очковой линзы.

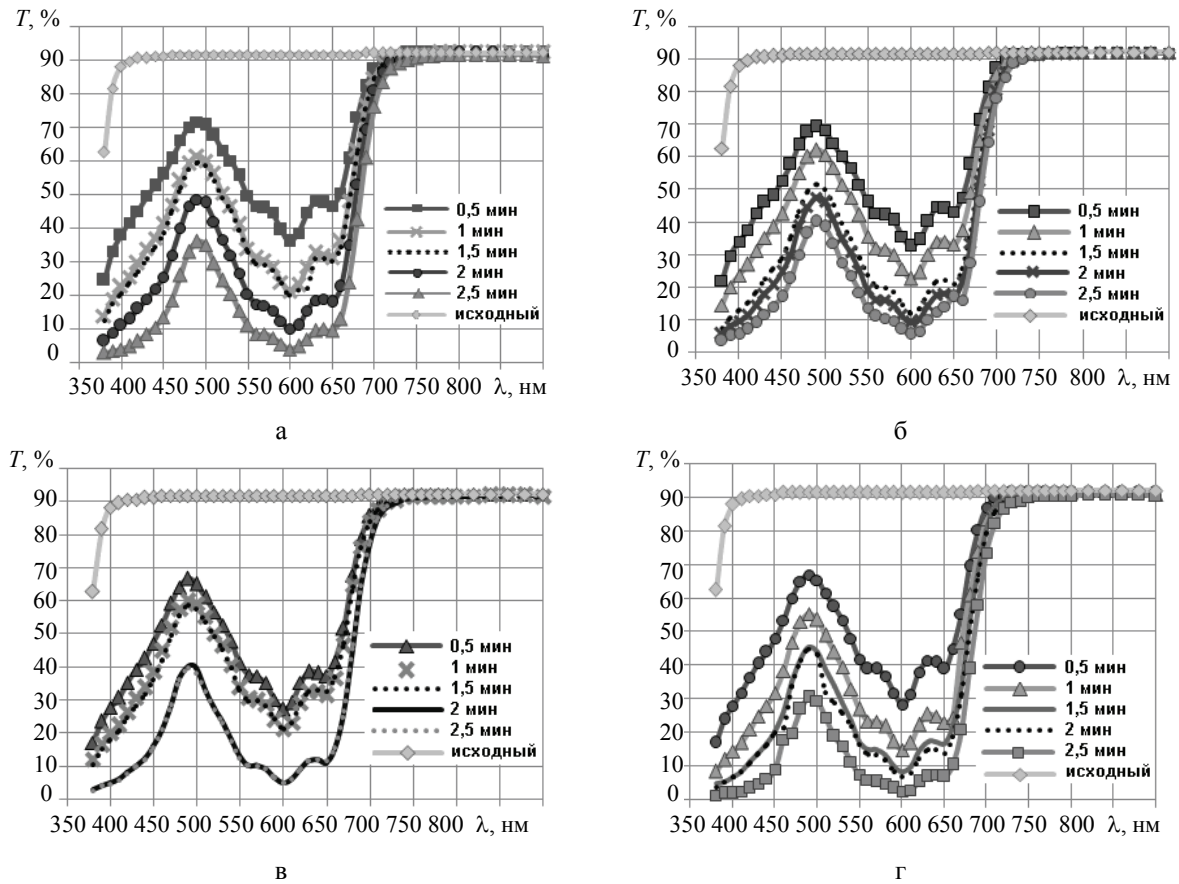


Рис. 2. Спектральная характеристика коэффициента пропускания поверхностно окрашенных полимерных очковых линз при концентрации красителя в растворе: а – 16,7%; б – 20%; в – 25%; г – 33,3%

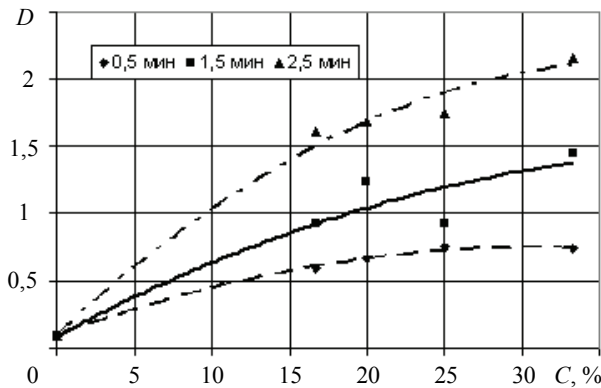


Рис. 3. Зависимость оптической плотности от концентрации красителя в растворе

Заключение

В ходе проделанной работы была исследована зависимость коэффициента пропускания поверхностно окрашенных очковых линз от времени окрашивания. Эта зависимость имеет экспоненциальный характер. Исследована зависимость коэффициента пропускания поверхностно окрашенных линз от концентрации красителя при постоянной температуре окрашивания. Рассмотрена зависимость оптической плотности поверхностно окрашенного материала очковой линзы от концентрации красильного раствора, которая является полиномиальной. По этой зависимости можно определить концентрацию раствора красителя, необходимую для получения линзы с заданной оптической плотностью.

Литература

1. Щербакова О.А. Окрашивание полимерных очковых линз. – М.: Центр поддержки оптического бизнеса, 1998. – 46 с.
2. Путилин Э.С. Оптическая технология: Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. –108 с.

3. Рефрактометр ИРФ-454. Техническое описание и инструкция по эксплуатации Г 34.15.051 ТО. – Казань: ПО КОМЗ, 1992. – 35 с.
4. Путилин Э.С. Оптические покрытия: Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2005.

Кременская Анастасия Александровна – Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, студентка, a_kremenskaya@mail.ru
Пруненко Елена Константиновна – Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, ассистент, prunenکو@pochta.ru