

УДК 677.016.41

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦВЕТА ПРИ КРАШЕНИИ ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТКАНЕЙ КУБОЗОЛЯМИ ПО ФОТОХИМИЧЕСКОМУ СПОСОБУ

В.С. ПОБЕДИНСКИЙ, Ф.Ю. ТЕЛЕГИН

(Институт химии растворов РАН, г. Иваново)

Ранее [1, 2] была усовершенствована и доведена до уровня промышленного использования фотохимическая технология крашения целлюлозосодержащих тканей кубозолями. К числу недостаточно исследованных вопросов следует отнести проблему из области колористики, связанную с получением зеленого цвета окраски ткани.

Известно, что под воздействием УФ-света процесс фотопроявления кубозолей полициклокетонной структуры (ярко-

зеленый С и ярко-зеленый Ж) прекращается на стадии образования лейкокислоты и далее не идет [1]. Таким образом, данный факт порождает проблему, обусловленную невозможностью получения в условиях фотохимического способа крашения зеленой окраски ткани с использованием индивидуальных красителей зеленого цвета.

Вследствие этого задачей настоящей работы являлось исследование закономерностей субтрактивного синтеза цвета в условиях фотохимического способа краше-

ния при смешении кубозолей желтой и голубой гамм, обоснование метода математического моделирования цвета ткани и разработка на этой основе способа расчета красильного состава для воспроизведения эталонной окраски ткани.

Объектами исследования служили отбеленная хлопчатобумажная ткань бязь, кубозоли синий О и золотисто-желтый ЖХ. Фотопроявление красителей осуществляли путем обработки ткани УФ-светом на лабораторной установке, оснащенной дуговой ртутной трубчатой лампой ДРТ-400 мощностью 400 Вт. Цветовой анализ ткани выполняли с использованием оригинального цветоизмерительного комплекса [3].

Отметим, что особенностью фотопроявления кубозолей является то, что скорость данного процесса для красителей различного химического строения существенно различается и время достижения максимальной степени фиксации для различных марок кубозолей может отличаться в несколько раз, причем зависимость степени фиксации от концентрации красителя носит ярко выраженный экстремальный характер. В связи с этим важно было исследовать кинетику фотопроявления кубозолей с целью выявления оптимальных параметров процесса крашения и исключения непроизводительного расхода красителей.

Изучена кинетика фотопроявления как индивидуальных красителей, так и их смеси в соотношении 1:1 и на основании этого установлено время достижения максимальной интенсивности окраски ткани (ВДМИ) в области концентраций 1...9 г/л.

Концентрационные зависимости данного параметра приведены на рис. 1. Очевидно заметное увеличение показателя ВДМИ, наблюдаемое для смеси кубозолей, по сравнению с индивидуальными красителями. Следовательно, одновременное присутствие в красильном составе кубозолей индигоидной (синий О) и полициклокетоновой (золотисто-желтый ЖХ) структуры приводит к некоторому торможению процесса фотопроявления. Сгладить отрицательные последствия смесово-

го эффекта можно путем использования интенсификатора процесса фотопроявления кубозолей – гидросульфита натрия [4, 5].

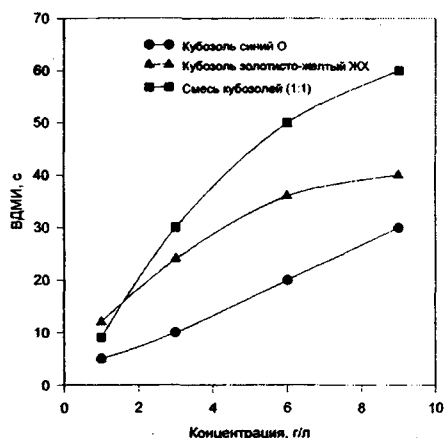


Рис. 1

Исследовать закономерности образования цвета ткани при использовании смеси красителей удобнее всего путем плавного изменения процентного состава смеси при постоянной суммарной концентрации красителей.

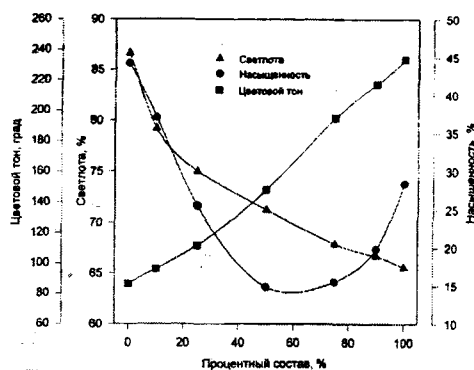


Рис. 2

На рис. 2 представлены зависимости цветовых характеристик окраски ткани – светлоты, насыщенности и цветового тона от процентного соотношения в красильном составе кубозолей при суммарной концентрации 9 г/л и времени УФ-облучения 60 с.

С использованием специально разработанных программных средств и ПЭВМ осуществили подбор математических функций, наиболее точно описывающих полученные экспериментальные зависимости.

Таблица 1

Процентный состав кубозолей (x) в смеси		Цветовые показатели окраски ткани														
		светлота, %				насыщенность, %				цветовой тон, град.						
		К ₁	К ₂	опыт		модель		опыт	Δ	f ₁	Δ	спл.	Δ	опыт	модель	
опыт	Δ			спл.	Δ	f ₂	Δ								спл.	Δ
0	100	65,59	65,70	-0,11	65,61	-0,02	28,44	27,12	1,33	28,38	0,06	233,7	233,6	0,1	233,6	0,1
10	90	66,70	66,57	0,13	66,66	0,04	19,79	21,29	-1,50	19,89	-0,10	217,4	218,3	-1,0	217,8	-0,4
25	75	67,89	68,01	-0,12	67,92	-0,03	15,52	15,73	-0,21	15,47	0,05	195,0	193,1	1,8	194,4	0,5
50	50	71,23	70,97	0,26	71,21	0,02	14,80	14,98	-0,18	14,81	-0,01	148,1	149,6	-1,5	148,3	-0,2
75	25	74,99	75,16	-0,17	74,89	0,10	25,48	24,87	0,62	25,50	-0,02	111,3	111,4	-0,1	111,5	-0,2
90	10	79,18	79,20	-0,02	79,47	-0,29	37,06	35,90	1,16	37,03	0,03	96,3	94,7	1,6	96,1	0,2
100	0	86,65	86,62	0,03	86,47	0,18	44,16	45,37	-1,21	44,17	-0,01	86,3	87,2	-1,0	86,3	0,0
Стандартное отклонение		-	0,14		0,14		-	1,02		0,05		-	1,19		0,30	

Примечание. К₁, К₂ – кубозолы синий О и золотисто-желтый ЖХ; Δ – отклонение; спл. – сплайн-функция; f₁ = 4,5·10⁻²·x - 2,6·10^{0,1/2}·x + 8,7·10¹;
 f₂ = 9,0·10³·x² - 1,0·10⁰·x + 4,5·10¹; f₃ = -9,0·10⁻⁵·x³ + 1,8·10⁻²·x² + 5,8·10⁻¹·x + 8,7·10¹

В табл. 1 для сравнения приведены опытные и вычисленные по моделям значения цветовых показателей (в зависимости от процентного состава смеси красителей), из которой видно, что исследуемые концентрационные зависимости описываются уравнениями параболы различной степени. Выявленный факт предопределяет значительные трудности по подбору какой-либо одной достаточно простой математической функции, которая гарантировала бы достижение высокой точности моделирования координат цвета одновременно в трех измерениях.

Поясним, что решаемая в нашей статье задача по сути является типичной задачей интерполяции, когда по заданной таблице чисел (в данном случае это опытные зависимости цветовых показателей окраски от концентрации красителей) и в пределах некоторого интервала требуется восстановить с той или иной точностью некую функцию $f(x)$.

На практике для того, чтобы достаточно точно приблизить функцию, используют интерполяцию кусочными многочленами или просто сплайнами. Метод приближения на основе сплайн-функции с успехом применяется в инженерной прак-

тике как средство интерполяции сложных зависимостей [6].

Для решения поставленных здесь задачи мы использовали метод аппроксимации на основе сплайнов Грина и оригинальные программные средства, реализуемые на персональном компьютере. Таким образом получили сплайн-функции, описывающие исследуемые зависимости.

Результаты моделирования с использованием сплайнов представлены в табл. 1. Из сопоставления величин стандартного отклонения видно, что по сравнению с параболическими функциями метод приближения сплайнами позволяет наилучшим образом моделировать синтез цвета ткани в условиях эксперимента.

Далее осуществлена оценка аппроксимативных свойств сплайнов на примере моделирования зависимостей координат цвета одновременно от трех величин, а именно от концентрации кубозолей в красильном составе и временного параметра – ВДМИ.

Результаты моделирования, отраженные в табл. 2, убедительно свидетельствуют о том, что предлагаемый метод аппроксимации успешно справляется с решением поставленной задачи.

Таблица 2

Концентрация кубозолей, г/л		ВДМИ, с	Цветовые показатели					
K ₁	K ₂		светлота L, %		насыщенность C, %		цветовой тон H, град.	
			опыт	сплайн	опыт	сплайн	опыт	сплайн
0	0	0	90,42	90,33	6,03	6,32	103,56	103,77
1	0	5	83,64	83,86	8,27	8,53	193,15	192,63
3	0	10	76,12	76,25	16,95	16,89	223,84	223,73
6	0	15	71,24	71,23	23,34	23,36	229,29	229,32
9	0	30	65,59	65,53	28,44	28,3	233,7	233,76
0	1	12	90,88	90,8	22,28	21,91	90,81	90,78
0	3	24	89,52	89,48	33,21	32,97	87,99	87,99
0	6	36	87,67	87,65	40,52	40,34	86,53	86,52
0	9	40	86,65	86,68	44,16	44,29	86,25	86,24
0,5	0,5	9	88,58	88,45	15,16	15,13	102,69	103,06
1,5	1,5	30	82,59	82,59	15,81	15,95	117,18	117,21
3	3	50	75,09	75,19	14,49	14,46	142,42	142,36
4,5	4,5	60	73,62	73,57	13,72	13,92	146,63	146,64
Дисперсия			0,096		0,192		0,190	

Примечание. K₁ и K₂ – кубозоли синий О и золотисто-желтый ЖХ; ВДМИ – время достижения максимальной интенсивности окраски ткани.

В ходе исследований решена задача графического представления цветового охвата исследуемой диады красителей в ус-

ловиях фотохимического способа крашения. Метод предусматривает построение сплайн-функции зависимости цветового

тона от светлоты и насыщенности окраски ткани. Карта цвета для диады кубозолей синего О и золотисто-желтого ЖХ (рис. 3) представляет собой набор сечений поверхности по уровням цветового тона во всем диапазоне изменений цветовых показателей (табл. 2). С ее помощью по координатам цвета эталонного образца можно однозначно определить, обеспечивает ли данная смесь красителей воспроизведение заданной окраски ткани.

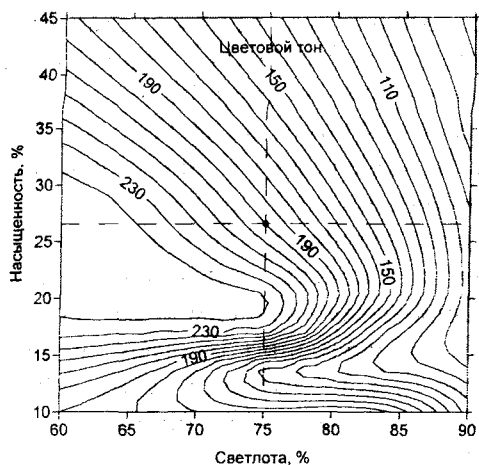


Рис. 3

На основе метода сплайн-аппроксимации разработан оригинальный способ расчета рецептуры крашения для воспроизведения заданного цвета ткани. Суть предлагаемого метода состоит в том, что получают сплайн-функции зависимостей параметров процесса крашения от координат цвета. Искомая комбинация параметров, обеспечивающая воспроизведение эталонного цвета, определяется путем совместного решения полученной системы уравнений при наложении ограничений, численно соответствующих координатам цвета эталонного образца.

Для иллюстрации метода приведем следующий пример. Предположим, что оперируя базой данных табл. 2, необходимо вычислить концентрации кубозолей и время УФ-обработки для воспроизведения эталонного цвета образца. Допустим также, что эталонная окраска задана на карте цвета (рис. 3) в точке пересечения пунктирных линий, которой соответствуют цветовые показатели: светлота – 75 %, насыщенность – 27 % и цветовой тон –

205 град. Получаем следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} K_1 = f(L, C, H) | L = 75 \\ K_2 = f(L, C, H) | C = 27 \\ \text{ВДМИ} = f(L, C, H) | H = 205. \end{cases}$$

Осуществляя совместное решение системы уравнений при наложении ограничений, численно соответствующих заданным координатам цвета, имеем следующий результат: концентрации K_1 кубозолей синего и желтого K_2 составляют соответственно 4,1 и 1,3 г/л, ВДМИ – 19 с.

Следует отметить, что изложенные в настоящей статье методы и методики нашли применение при создании автоматизированной системы, предназначенной для измерения и воспроизведения цвета ткани [3].

ВЫВОДЫ

1. Изучены закономерности субтрактивного синтеза цвета при крашении хлопчатобумажной ткани кубозолями по фотохимическому способу. Осуществлен подбор математических функций, наиболее точно описывающих зависимости цветовых показателей окраски от концентрации кубозолей в красильном составе.

2. Разработан универсальный метод моделирования цвета ткани посредством сплайн-аппроксимации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тиматков А. Г., Куликова М. А. // Текстильная промышленность. – 1987, № 12. С. 18...19.
2. Побединский В.С. // Текстильная химия. – 1996, № 2. С. 50...57.
3. Побединский В.С., Телегин Ф.Ю., Данилин И.А. // Текстильная химия. – 1996, №2(9). С.101.
4. Разуваев А. В. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1992, № 2. С. 55...58.
5. Побединский В. С., Рыжачков А. В. // Текстильная химия. – 1997, № 2. С. 81...85.
6. Завьялов Ю.С., Квасов В.И., Мирошниченко В.Л. Методы сплайн-функций. – М.: Наука, 1980.

Рекомендована заседанием ученого совета. Поступила 30.11.02.