

УДК 658.012

И.А. ПРОХОРОВА, Е.В. ЧЕПЕЛЮК, М.С. КОБЫЛЬСКАЯ, О.П.СУМСКАЯ
Херсонский национальный технический университет

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА УЧЕТА ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ ШЕРСТЯНЫХ ТКАНЕЙ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ОКРАСОК

В статье предложен научно-методический подход учета влияния структурных показателей шерстяных тканей на интенсивность окрасок, полученных кислотными красителями. Реализация системного подхода позволит прогнозировать интенсивность окраски тканей полотняного, саржевого и сатинового переплетений по заданному коэффициенту объемного наполнения ткани. Показано, что для тканей различных структур необходимо регламентировать рецептуру крашения с учетом коэффициента объемного наполнения ткани, что позволит повысить эффективность технологического процесса крашения ткани в производственных условиях.

Ключевые слова: шерстяная ткань, интенсивность окраски, структурные показатели переплетений.

I.A. PROKHOROVA, E.V. CHEPELYUK, M.S. KOBYLSKAYA, O.P.SUMSKAYA
Kherson National Technical University

DEVELOPMENT METHODOICAL APPROACH INTO ACCOUNT THE INFLUENCE OF WOOLEN FABRICS STRUCTURE ON INTENSITY STAINCE

Abstract

The authors propose a scientific-methodological approach into account the influence of structural parameters of wool fabrics on the intensity of colors obtained by acid dyes. Implementation of the systems approach will predict the intensity of staining of tissue plain, twill and satin weave on a given coefficient of volume filling tissues. It is shown that for various tissue structures necessary to regulate the dyeing recipe given volume filling factor of the fabric that will improve the efficiency of the technological process of dyeing fabric in a production environment.

Keywords: wool fabric, color intensity, structural indicators stitches.

Введение

Качество готовых тканей характеризуется показателями не только физико-механических, но и колористических свойств. Гармонично подобранная цветовая гамма совместно с рациональными режимами и рецептурой процесса крашения могут усилить эстетические эффекты на поверхности ткани, полученные за счет ее фактуры, создать различные оптические декоративные эффекты, а при необходимости нивелировать некоторые дефекты прядения и ткачества [1, 2, 3].

Такие переплетения организуют сложную структуру тканого полотна [4, 5, 6]. Сочетание в различном закономерном порядке воздушных пор и нитяных перекрытий, размеры которых определяются переплетением ткани, структурой и тониной нитей, определяет эффективность процесса крашения и основные потребительские свойства тканей, в том числе спектральные характеристики окрасок, их равномерность и устойчивость к комплексу физико-механических воздействий при эксплуатации в готовых изделиях. Однако, как показал анализ исследований и публикаций [7, 8, 9], на сегодняшний день не определена четкая аналитическая зависимость между структурой ткани и эффективностью процесса крашения. Как правило, в производственных условиях технологические режимы крашения одинаковы для тканей всех видов переплетений, а особенности рецептуры коррелируются только с учетом сырьевого состава волокна. В каждом частном случае задача оптимизации процесса крашения и определения цветовых характеристик окраски ткани решается путем использования эмпирических данных.

Анализ исследований и публикаций

В теории строения ткани основными аналитическими показателями, характеризующими ее строение, являются: коэффициенты переплетения и строения ткани; поверхностное и объемное заполнение ткани волокнистым материалом; геометрические показатели величин изгиба нитей в ткани. Анализ исследований по применению аналитических выражений для расчета этих показателей, позволил сделать вывод, что каждый из них может быть использован для решения определенного рода технологических задач, а именно: определения прочности скрепления переплетения связями, образуемыми перекрытиями нитей основы и утка; определения заполнения площади ткани нитями;

определения наполнения объема ткани нитями; определения изгиба нитей в ткани, влияющего на уработку нитей и декоративные эффекты на поверхности ткани, а также на ее износостойкость.

В работе [10] путем применения компьютеризованных комплексов воспроизводства цвета, показано влияние характеристик пряжи и фактуры ткани на формирование и спектральные характеристики окраски. Проведем анализ используемых в теории строения тканей аналитических выражений для оценки структуры ткани с позиций их пригодности для решения поставленной в работе задачи.

Аналитическое выражение, определяющее коэффициент переплетения ткани F , имеет следующий вид

$$F = \frac{2 \cdot R_i \cdot R_o}{t_i + t_o}, \quad (1)$$

где R_o, R_y – рапорт нитей основы и утка;

t_o, t_y – число связей соответственно нитей основы с утком и утка с нитями основы в пределах рапорта.

Как видно из формулы (1), коэффициент переплетения определяется числом связей, приходящихся на единицу рапорта ткани, и характеризует степень рыхлости ткани. Чем больше коэффициент переплетения, тем более рыхлая по структуре ткань. Однако, как показывает практика, разные переплетения могут иметь одинаковые коэффициенты переплетений. Например, шестиремизный сатин, саржа 2/4 и рогожка 3/3 имеют одинаковый коэффициент переплетения $F=6$, но это ткани совершенно разные по своей структуре. Наиболее рыхлую структуру имеет сатин. Очевидно, что этот показатель можно использовать для сравнения тканей узкой группы, например, только тканей одинаковых переплетений. Ограничиться одними характеристиками переплетения ткани для определения взаимосвязи структуры ткани с интенсивностью окраски и количеством красителя, выбираемого из раствора, было бы неправильно, так как рыхлость ткани и ее пористость зависят и от технологических показателей ткани, а именно, от ее плотности и толщины нитей основы и утка. Эти параметры учтены другим теоретически рассчитываемым показателем – коэффициентом связности нитей в ткани, который определяется по следующей формуле:

$$\tilde{N}_{\delta e} = \frac{D_i \cdot D_o \cdot \tilde{O}_{nd}}{F \cdot 10^3}, \quad (2)$$

где P_o, P_y – плотность ткани, определяемая числом нитей на 10 см, нитей/см;

T_{cp} – средневзвешенная плотность нитей основы и утка, текс;

F – коэффициент переплетения ткани.

Коэффициент связности учитывает плотность нитей в ткани и их толщину и в большей мере характеризует не рыхлость ткани, а ее прочность – степень скрепления ткани связями.

Геометрические показатели структуры ткани используются для определения теоретических показателей структуры ткани таких, как, например, максимальная плотность нитей в ткани, коэффициент наполнения, изгиб нитей в ткани. Эти показатели определяются исходя из геометрической модели ткани – разреза ткани по нитям одной из систем (основной или уточной). Недостаток определения структурных показателей геометрическим методом заключается в том, что возникает необходимость введения ряда допущений, одно из которых является построением геометрической модели ткани по разрезу одной нити. В рапорте переплетения нитей может быть несколько, в следствии чего оценивание структуры ткани по разрезу одной нити не всегда дает адекватный результат. Поэтому к этим теоретическим результатам необходимы экспериментальные подтверждения, на основе которых в расчетные формулы вводятся дополнительные эмпирические коррекционные коэффициенты, снижающие точность расчета.

На наш взгляд, более точно оценить способность ткани сорбировать краситель из раствора позволяют структурные показатели, характеризующие степень наполнения ткани волокнистым материалом. В теории ткачества среди используемых для этих целей аналитических формул отметим формулы, определяющие степень заполнения ткани нитями и ее объемное наполнение, а также оценим возможность их применения для решения поставленной задачи.

Степень поверхностного заполнения ткани определяется по следующей формуле

$$\varepsilon_{\text{тк}} = \varepsilon_o + \varepsilon_y - \varepsilon_o \varepsilon_y, \quad (3)$$

где $\varepsilon_o = d_o P_o, \varepsilon_y = d_y P_y$;

d_o, d_y – диаметр нитей основы и утка;

P_o, P_y – плотность ткани, определяемая числом нитей на 10 см, нитей/ 10 см;

Как видно из выше приведенной формулы, степень поверхностного заполнения тканей является линейной характеристикой наполненности ткани нитями, которая не учитывает параметры переплетения (раппорт, связи, перекрытия). Поэтому формула (3) может быть использована для исследования тканей одинаковых переплетений. Кроме того, в этой формуле не учитывается волокнистый состав нитей, их изгиб и толщина ткани, которые оказывают влияние на пористость ткани и, как следствие, на сорбцию красителя из красильного раствора.

Наиболее полным показателем, комплексно характеризующим структуру ткани, является коэффициент объемного наполнения ткани (4). Математическое выражение, используемое для расчета коэффициента объемного наполнения ткани, наиболее полно учитывает показатели структуры ткани: волокнистый состав нитей ($C_{вол}$), толщину нитей и ткани ($T_o, T_y, b_{тк}$), плотность ткани (P_o, P_y), хотя и косвенно, но учитывает изгиб нитей в ткани через величины уработок нитей основы и утка (a_o, a_y). Преимуществом формулы (4) перед вышеприведенными является то, что она может быть использована для тканей разных переплетений и разного сырьевого состава. Как показала практика, ее применение в проектировании новых структур тканей достоверно отображает фактическое наполнение ткани волокнистым материалом.

Коэффициент объемного наполнения ткани определяется по следующей формуле

$$K_{vi} = \frac{7,85 \cdot 10^{-6} \cdot C_{ав}^2}{b_{\partial \partial}} [\partial \partial (1 + 0,01 \partial \partial) + \partial \partial (1 + 001 \partial \partial)], \quad (4)$$

где $C_{вол}$ – коэффициент, учитывающий род волокна нитей основы и утка;

$b_{тк}$ – толщина ткани, мм;

T_o, T_y – линейная плотность нитей основы и утка, текс;

P_o, P_y – плотность ткани, определяемая числом нитей на 10 см, нитей/ 10см;

a_o, a_y – уработка нитей основы и утка, определяемая величиной изгиба нитей в переплетении, %.

Однако, как видно из формулы (4), структура ткани, определяемая переплетением ткани, здесь явно не учтена. Она косвенно учитывается через технологическими параметрами ткани – уработка нитей и плотность ткани, но прямой информации о влиянии связей и перекрытий нитей в рапорте переплетения на коэффициент объемного наполнения ткани формула (4) не дает. Поэтому, в связи со сложностью и неоднозначностью применяемых в теории строения тканей показателей, определяющих ее структуру, на первом этапе нашего исследования принято решение об использовании в качестве критериев, характеризующих структуру ткани, двух показателей – коэффициента переплетения ткани F и коэффициента объемного наполнения $K_{вн}$ ткани, комплексно решая задачу по определению взаимосвязи между структурой ткани и интенсивностью крашения.

Цель исследования

Задача определения аналитической зависимости между цветовыми характеристиками окраски и структурой ткани усложняется тем, что среди множества показателей, характеризующих структуру ткани, сложно определить один (или несколько) показателей наиболее полно и объективно характеризующих процессы, происходящие при сорбции красителя из красильного раствора пористой неравномерной по структуре тканью. Решение этой сложной задачи важно не только с позиции воспроизведения цвета на текстильном материале, но и с экономической точки зрения, поскольку позволит регламентировать рецептуру крашения для тканей различных структур.

Изложение основного материала исследования

В качестве объектов исследования приняты 27 образцов шерстяных тканей главных переплетений, отличающиеся переплетением нитей и их толщиной. Для исключения влияния на структуру ткани множества технологических параметров ткачества образцы тканей полотняного, саржевого и сатинового переплетений вытканы вручную, что предполагает одинаковые условия их тканеформирования. В качестве сырья использована шерстяная крученая пряжа 61×4 текс, 360×2 текс, 446×2 текс. В дальнейшем образцы тканей подвергались крашению различными красителями. В качестве красителей использовали кислотные красители: кислотный красный светопрочный СТУ 36-13-66-64, кислотный ярко-синий антрахиноновый СТУ 21-387-64; кислотный желтый светопрочный ГОСТ 10850-64. Крашение осуществляли периодическим способом согласно технологическим режимам, предлагаемым производителями красителей [9].

Основные структурные показатели, рассчитанные на единицу раппорта переплетения и на образец размером 5х5 нитей, представлены в табл. 1. Приведение образцов ткани к одному размеру необходимо для оценки влияния числа связей на качество крашения образцов.

Таблица 1

Структурные показатели переплетений ткани

Переплетение	P _o	P _y	R _o	R _y	t _o	t _y	F	C _{тк}
полотно	44	56	2	2	2	2	2	3,5
Саржа 1/2	44	90	3	3	3	3	4	2,2
Сатин 5/2	44	80	5	5	5	5	5	2.1

После крашения тканей определялись спектральные характеристики окрашенных образцов. Спектральные характеристики рассчитаны на основании спектров отражения, полученных при использовании спектрофотометра «Spektra Scan 5100» фирмы Premier Colerscan. В комплекс системы спектрофотометра входит компьютер и пакет прикладных программ, позволяющий решать задачи производственной колористики. Окраски оценены при стандартных излучениях. В данной работе приведены характеристики при излучении D-65/10. Цветовые различия рассчитаны в системе CIEL*a*b*.

Для оценки интенсивности окраски использовалась функция Гуревича-Кубелки-Мунка (ГКМ), которая широко распространена в практике расчета рецептуры красильных растворов и математически описывается следующей формулой:

$$\frac{K}{S} = \frac{(1-R)^2}{2R} - \frac{(1-R_0)^2}{2R_0}, \quad (5)$$

где K/S – функция Гуревича-Кубелки-Мунка (ГКМ);

K – коэффициент поглощения света текстильным материалом;

S – коэффициент рассеивания;

R – коэффициент отражения окрашенной ткани при определенной длине волны;

R₀ – коэффициент отражения неокрашенной ткани при той же длине волны.

Результаты расчетов структурных показателей ткани: коэффициента переплетения F, коэффициента связности C_{тк}, коэффициентов линейного ε_{тк} и объемного K_{вн} заполнения и функции Гуревича-Кубелки-Мунка для принятых к исследованию образцов шерстяных тканей представлены в табл. 2.

Таблица 2

Структурные показатели и интенсивность окрашиваемости ткани

Переплетение	Структурные показатели ткани				Интенсивность окрашиваемости ткани, функция K/S			
	F	C _{тк}	ε _{тк}	K _{вн}	кислотный ярко-синий	Кислотный красный	Кислотный желтый	Среднее значение функции K/S
основа и уток шерсть 61×4текс (R _n =244 текс)								
Полотно	2	3,50	0,618	0,172	36,0	35,8	49,0*	35,9
Саржа 1/3	4	2,23	0,724	0,203	34,3	35,4	35,9	35,2
Сатин 5/2	5	2,14	0,834	0,315	33,9	31,1	32,0	32,4
основа и уток шерсть 360×2текс (R _n =720 текс)								
Полотно	2	3,60	0,655	0,277	27,3	26,4	28,0	27,2
Саржа 1/3	4	2,16	0,745	0,369	26,8	23,6	26,7	25,7
Сатин 5/2	5	2,02	0,835	0,412	26,0	37,8*	25,2	25,6
основа и уток шерсть 446×2 текс (R _n =892 текс)								
Полотно	2	2,93	0,624	0,343	25,9	22,3	22,7	23,6
Саржа 1/3	4	1,83	0,72	0,399	23,1	21,2	22,3	22,2
Сатин 5/2	5	1,76	0,81	0,455	20,6	28,9*	21,2	20,9

Проведенный статистический анализ полученных результатов, заключающийся в определении значимости различия интенсивности окрасок образцов одного и того же переплетения, окрашенных в разные цвета, свидетельствует, что различия между величинами интенсивности окрашивания образцов тканей красителями кислотный ярко-синий, кислотный красный и кислотный желтый для одного и того же переплетения незначимы. В результате определены средние значения интенсивности окраски внутри одного переплетения и по их значениям построены зависимости функции Гуревича-Кубелки-Мунка от толщины пряжи для разных переплетений K/S=f(T) (рис. 1).

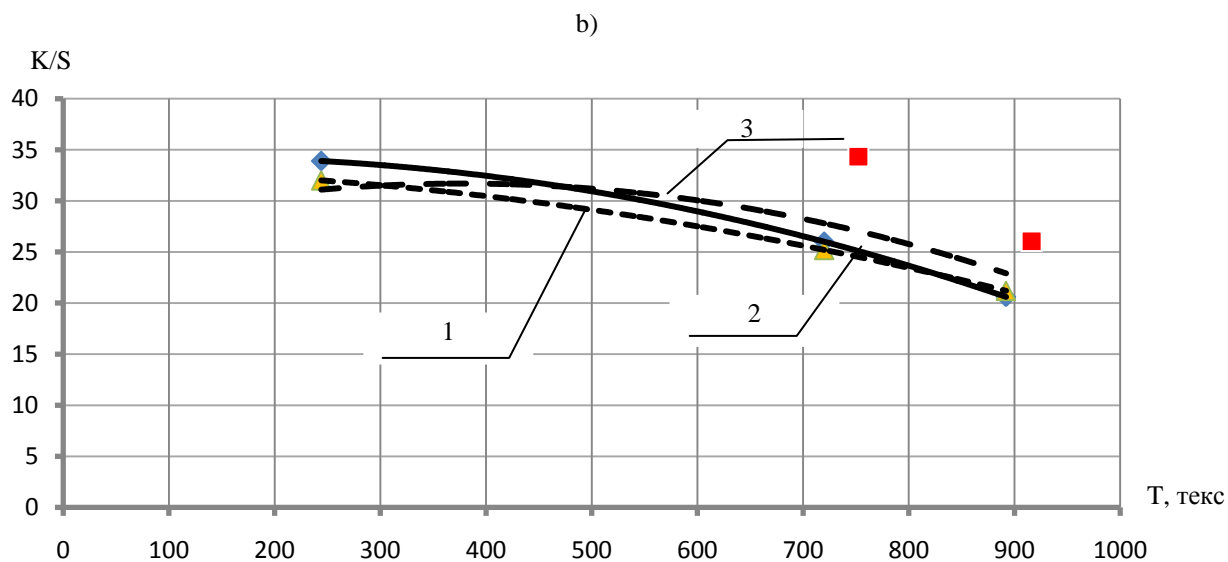
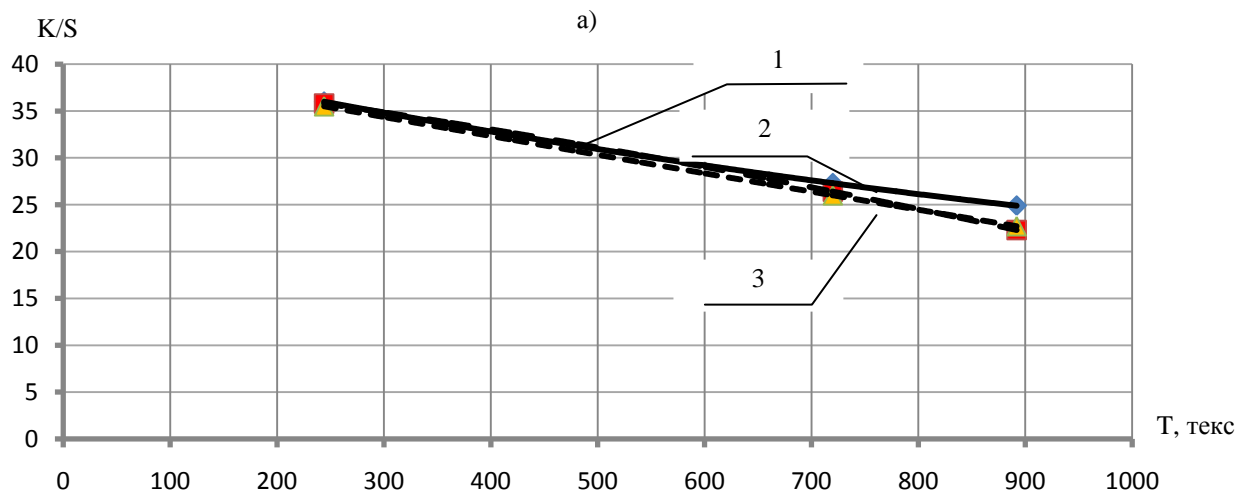
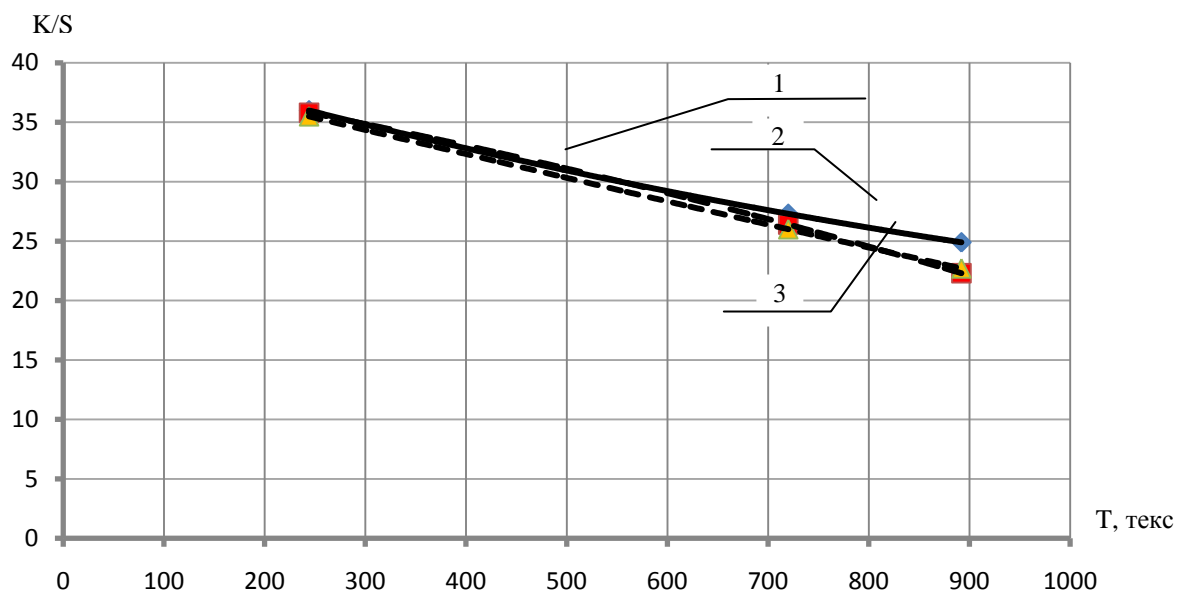


Рис. 1. Изменение интенсивности окраски ткани в зависимости от толщины пряжи, вида переплетения и красителя:
 а – полотно (F=2); б – саржа 1/3 (F=4); с – сатин 5/2 (F=5);
 1 – желтый; 2 – синий; 3 – красный

Из приведенных на рис. 1 зависимостей видно, что характер изменения значений исследуемой функции практически одинаков для всех трех видов переплетений: с увеличением толщины пряжи от 244 текс до 892 текс интенсивность окраски ткани уменьшается, и в среднем падение интенсивности окраски в диапазоне исследуемых толщин пряжи составляет 30-35%. Это можно объяснить тем, что с увеличением толщины пряжи число элементарных волокон ее составляющих увеличивается, соответственно увеличивается сорбция внутрь пряжи и внутрь элементарных волокон. Вследствие этого на поверхности волокна концентрация красителя ниже и, соответственно, интенсивность окраски ниже. Следует отметить, что необходимо учитывать крутку и число сложений нитей. Гипотетически можно предположить, что у пряжи в два сложения интенсивность окрашивания будет выше, чем у пряжи в три или четыре сложения.

Полученные результаты необходимо учитывать в рецептурных режимах крашения, регламентируя количество красителя в соответствии с толщиной нитей.

Комплексное исследование влияния основных показателей структуры ткани толщины пряжи, переплетения ткани, объемного наполнения волокнистым материалом на интенсивность окраски показано на рис. 2.

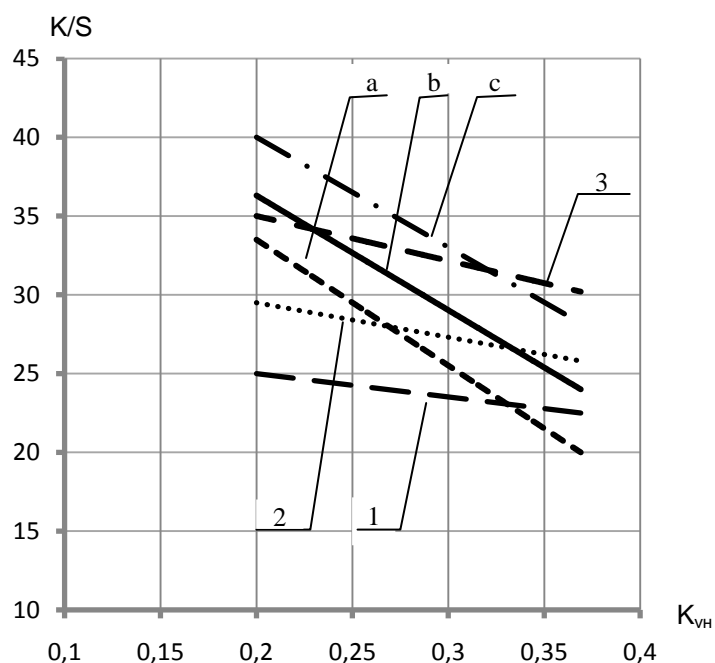


Рис. 2. Изменение интенсивности окрасок ткани в зависимости от толщины пряжи и вида переплетения:
а – полотно (F=2); б – саржа 1/3 (F=4); в – сатин 5/2 (F=5);
1 – 892 текс; 2 – 720 текс; 3 – 244 текс

Результаты, представленные в номограмме, свидетельствуют, что с увеличением объемного наполнения ткани волокнистым материалом интенсивность окраски всех тканей главных переплетений уменьшается, что связано с увеличением толщины пряжи в тканях всех структур. Сравнивая ткани разных переплетений, можно отметить, что интенсивность окраски тканей полотняного переплетения при равных условиях выше, чем тканей саржевого и сатинового переплетения. Самая низкая по абсолютному значению величина интенсивности окраски наблюдается у тканей сатинового переплетения, что можно объяснить отличием удельного коэффициента поглощения света на заданном субстрате.

Таким образом, полученные результаты, представленные в виде номограммы, позволяют в практических условиях колорирования текстильных материалов прогнозировать интенсивность окраски тканей полотняного, саржевого и сатинового переплетений по заданному коэффициенту объемного наполнения ткани.

Выводы

Установлено влияние структурных показателей ткани коэффициента переплетения F, коэффициента связности C_{тк}, коэффициентов линейного $\epsilon_{тк}$ и объемного K_{вн} заполнения и функции Гуревича-Кубелки-Мунка для принятых к исследованию образцов шерстяных тканей на интенсивность окрасок, полученных красителями кислотный ярко-синий, кислотный красный и кислотный желтый.

Показано, что с увеличением объемного наполнения ткани волокнистым материалом интенсивность окраски тканей главных переплетений уменьшается.

Предложен научно-методический подход расчета рецептур крашения тканей с учетом коэффициента объемного наполнения ткани.

Список использованной литературы

1. Журавлева Н.В. Колорирование текстильных материалов [Текст] / Н.В. Журавлева, М.В. Коновалова, М.А. Куликова – М: МГТУ им. А.Н.Косыгина, 2007. – 368 с. – ISBN 5-8196-0092-4.
2. Медведев, В.Ю. Цветоведение и колористика [Текст] / В.Ю.Медведев - СПб: ИПЦ СПГУТД, 2005. – 116 с. – ISBN 5-7937-0082-6.
3. Мак-Дональд Р. Цвет в промышленности [Текст]/Р. Мак-Дональд: пер.с англ. М.В. Пановой, Л.П. Новосельцева под ред. Ф.Ю. Телегина. – М.:Лотос, 2002. – 596 с. – ISBN 5-7937-0082
4. Чепелюк О.В. Аналіз деяких теоретичних аспектів проектування тканини з заданими ергономічними та естетичними властивостями / О.В. Чепелюк, І.А. Прохорова // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2008. – № 5 (43). – С. 174–178.
5. Chepelyuk E.V. Geometric disposition of threads in single-layer woven structures / E.V. Chepelyuk, V.V. Choogin, J. Cousens, M. Hann // Clothing Science and Technology. – 2010. – Vol. 22, Num. 1. – P. 35–48.
6. Сумская О.П. Применение системы объективного измерения цвета для решения задач промышленной колористики: материалы Всеукр. науч.-практ. конф. [«Научно-технический прогресс в переходный период развития Украины»] [Текст]/ М-во образования и науки Украины, Херсон.: Херсон. гос. техн. ун-т, 1995 – 152 с.
7. Chepelyuk E.V. Analysis of pore size distribution in the woven fabric 2D / E.V. Chepelyuk, D. Hui, Y.M. Strzhemechny // World Journal of Engineering. – 2008. – Vol. 5, Num. 1. – P. 21–34.
8. Новорадовский А.Г. Научное обоснование и разработка эффективных методов прогнозирования и формирования окраски текстильных материалов с заданными потребительскими свойствами [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.19.02 /А.Г. Новорадовский; [Ивановская государственная текстильная академия]. – Иваново, 2005. – 38 с.
9. Кислотные красители [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.ua.all.biz/krasiteli-bgg1063785.
10. Сумская О.П. применение компьютеризованных комплексов для эффективного формирования окраски фактурных тканей [Текст]/ О.П. Сумская, И.А. Прохорова, С.А. Полищук – Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2013. – №3/10. – С. 58-61.