

НОВЫЙ МЕТОД ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ОКРАСКИ

К.И. БАДАНОВ*^{ID}, Р.Р. БАДАНОВА^{ID}, Г.О. ТУЛЕНДИЕВА^{ID} И К. БАДАНОВ^{ID},
Г.А. КАСЫМОВА^{ID}, К.Т. МАХАНБЕТАЛИЕВА^{ID}

(Таразский региональный университет им. М.Х.Дулати, Казахстан, 080000, Тараз, ул. Сулейманова, 7)
Электронная почта автора корреспондента : kenzebad@mail.ru*

*В статье рассмотрено совершенствование методов испытания устойчивости окрасок текстильных материалов с заменой визуального метода на объективный колориметрический метод оценки. Предложен новый метод испытания устойчивости окраски текстильных материалов. Проведен анализ отечественных и зарубежных стандартов, устанавливающих расчет и установление норм устойчивости окраски х/б тканей и сравнение их с нормами международных и отечественных стандартов. Показано, что разработка методов инструментального определения устойчивости окраски к трению и являющийся альтернативным по отношению к методу визуальной оценки устойчивости окраски любого текстильного материала по серой шкале, является в настоящее время актуальной и перспективной научно-технической задачей. Предложен новый способ оценки прочности окраски материалов текстильных. После проведения механических воздействий на испытуемую окраску проводили оценивание колористических показателей окраски по общему цветовому различию (ΔE), которое измеряли на испытуемой пробе и пробе после механических воздействий. Для обеих проб определяли общее цветовое различие в системе $CIEL^*a^*b^*$, значения которых пересчитывают в эквивалентные баллы по серой шкале. Оценку в баллах по значению ΔE рассчитывали на компьютере с использованием среды Excel и выводом результатов расчетов на экран дисплея.*

Ключевые слова: стандарт, окраска, устойчивость, трение, общее цветовое различие.

ТҮСТІҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫН ҚҰРАЛДЫҚ БАҒАЛАУДЫҢ ЖАҢА ӘДІСІ

К.И. БАДАНОВ*, Р.Р. БАДАНОВА, Г.О. ТУЛЕНДИЕВА,
Г.А. КАСЫМОВА, К.Т. МАХАНБЕТАЛИЕВА

(М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Қазақстан, 080000, Тараз қ., Сүлейманов көшесі, 7)
Автор-корреспонденттің электрондық поштасы : kenzebad@mail.ru*

*Мақалада визуалды әдісті объективті колориметриялық бағалау әдісімен ауыстыру арқылы тоқыма материалдарының түс беріктігін тексеру әдістерін жетілдіру қарастырылады. Тоқыма материалдарының түс тұрақтылығын тексерудің жаңа әдісі ұсынылды. Мақта маталарының түс тұрақтылығы нормаларын есептеу мен белгілеуді белгілейтін отандық және шетелдік стандарттарға талдау және оларды халықаралық және отандық стандарттардың нормаларымен салыстыру жүргізілді. Кез келген тоқыма материалының түс тұрақтылығын сұр шкала бойынша визуалды бағалау әдісіне балама болып табылатын үйкеліске түс тұрақтылығын аспаптық анықтау әдістерін әзірлеу қазіргі уақытта өзекті және перспективалы ғылыми-техникалық міндет болып табылатыны көрсетілген. Тоқыма материалдарының түс тұрақтылығын тексерудің жаңа әдісі ұсынылды. Түс тұрақтылығы сынақ материалының сынақ үлгісі мен бастапқы үлгі арасындағы жалпы түс айырмашылығы (ΔE) өлшенді. Екі үлгі үшін де жалпы түс айырмашылығы $CIEL^*a^*b^*$ жүйесінде анықталды, оның мәндері сұр шкаладағы баламалы нүктелерге түрленеді. ΔE мәні бойынша балл компьютерде Excel ортасын пайдаланып және дисплей экранында есептеу нәтижелерін көрсету арқылы есептелді.*

Негізгі сөздер: стандарт, түс, тұрақтылық, үйкеліс, жалпы түс айырмашылығы.

A NEW METHOD FOR INSTRUMENTAL ASSESSMENT OF COLOR STABILITY

K.I. BADANOV*, R.R. BADANOVA, G.O. TULENDIEVA,
G.A. KASYMOVA, K.T. MAKHANBETALIEVA

(Taraz Regional University named after M.Kh. Dulaty, Kazakhstan, 080000, Taraz, st.Suleymanov, 7)

Corresponding author e-mail:kenzabad@mail.ru*

*The article considers the improvement of methods for testing the color fastness of textile materials with the replacement of the visual method with an objective colorimetric evaluation method. A new method for testing the color fastness of textile materials is proposed. The analysis of domestic and foreign standards that establish the calculation and establishment of color fastness standards for cotton fabrics and their comparison with the norms of international and domestic standards was carried out. It is shown that the development of methods for instrumental determination of color fastness to friction, which is an alternative to the method of visual assessment of the color fastness of any textile material on a gray scale, is currently an urgent and promising scientific and technical task. A new method for testing the color fastness of textile materials is proposed. The overall color difference (ΔE) between the test sample of the color fastness test material and the original sample was measured. For both samples, the overall color difference was determined in the CIEL*a*b* system, the values of which are converted into equivalent points on a gray scale. The score in terms of the value of ΔE was calculated on a computer using the Ecsel environment and displaying the calculation results on the display screen.*

Keywords: standard, color, stability, friction, general color difference.

Введение

Анализ отечественных и зарубежных стандартов показывает, что они устанавливают расчет и нормы устойчивости окраски х/б тканей, их сравнение с нормами международных и отечественных стандартов. В стандарте ЭКО-ТЕКС 100 и в российских стандартах устанавливается устойчивость окраски к воде, поту, трению. В отечественных стандартах нормы зависят от назначения текстильного материала. Устойчивость окраски оценивается после воздействия сухого и мокрого трения в соответствии с методами испытаний, регламентируемыми ГОСТ 9733-83.

По существующей методике определения устойчивости окраски к трению конечный результат в баллах оценивается визуально по шкале серых эталонов. Это может вносить в конечный результат оценки некоторые погрешности, связанные со здоровьем, общим эмоциональным состоянием наблюдателя. Устранить эти недостатки можно через инструментальный метод оценки конечного результата. Разработка метода инструментального определения устойчивости окраски к трению позволяет заменить органолептическое оценивание прочности окраски к механическим воздействиям при трении по шкале серых эталонов, что является актуальной и перспективной научно-технической задачей.

Цель исследования – разработка инструментального способа определения прочности окраски текстильного материала к трению

вместо визуального метода по шкале серых эталонов.

Материалы и методы исследований

Измерение координат цветности нелюминесцирующих прозрачных и отражающих образцов в системе XYZ, установленной международной комиссией по освещению (МКО) для стандартного наблюдателя, при источнике света с ГОСТ 7721-76 в спектральном диапазоне 380-720 нм с числом точек выборки спектральной информации не менее 24 проводили с применением прибора «Спектротон». Этот прибор также можно использовать для измерения спектральных коэффициентов пропускания и спектральных апертурных коэффициентов отражения. При его помощи можно определить координаты цвета и цветности при источниках света А, С, Д₆₅ ГОСТ 7721-76 в системе XYZ. Кроме того, он позволяет измерить такие колористические показатели, как цветовое различие, насыщенность, светлоту, цветовой тон. Могут быть дополнительно измерены цветовые различия по светлоте и тону. Кроме колористических показателей можно измерить индекс метамеризма, степень белизны образца в системе CIEL*a*b*.

Литературный обзор

Оценка качества окраски текстильных материалов по устойчивости окраски к промывке, сухому и мокрому трению проводится практически во всех работах, связанных с колорированием и специальными видами отделок.

Колористическому качеству напечатанного рисунка с позиций цвета и стойкости окраски [1] уделяется большое внимание. В работе приведено описание качества экочасти шелковых тканей с различными природными красителями с точки зрения эстетики рисунка, цвета и стойкости к стирке и истиранию. Результаты оценки стойкости окраски на шелковых тканях к стирке мылом показали хорошие результаты. Устойчивость окраски составила 4 балла в категории «хорошо». Значение стойкости к мокрому трению на шелковых тканях экочасти в целом дает оценку 4-5 баллов.

Оценка качества окраски и ее влияние на физические и размерные свойства полотен проводится и в процессе их производства [2]. Среди физических свойств оценивалась стойкость окраски к стирке и трению. Используются одобренные на международном уровне методы ISO для тестирования стойкости окраски к стирке. По стойкости окраски к трению обнаружены небольшие различия.

Оценка устойчивости окраски проводится и в работах, направленных на уменьшение загрязнения, вызванного текстильной печатью, решение проблем использования синтетических красителей, загустителей для экологического баланса и здоровья человека [3]. При печати на натуральных тканях натуральными красителями использовали хитозан и наночастицы хитозана. Установлено, что ткани, обработанные наночастицами хитозана, имеют высокие значения стойкости к стирке, поту и трению.

Оценка устойчивости окраски к стирке и мокрому трению позволяет сравнить результаты крашения шерсти и шерстяных тканей в магнитообработанной и необработанной воде [4]. Испытания окрашенных таким образом тканей показали, что они обладают повышенной абсорбцией красителя и значительно улучшают стойкость окраски к стирке и мокрому трению.

Проведено сравнение свойств цветостойкости шелковых тканей тутового шелкопряда и тусса в смесях с целлюлозными волокнами [5]. В данном исследовании изучались свойства стойкости окраски волокон дикого шелка тусса в сравнении с шелковым волокном тутового дерева. Для оценки характеристик были проведены тесты на стойкость окраски. Результаты показывают, что оба типа шелковых волокон подходят для процессов прядения и ткачества, а результаты по стойкости показали, что волокна тутового дерева обладают лучшими свойствами стойко-

сти окраски по сравнению с шелковыми волокнами туссы.

В работе [6] исследуется использование реактивных и кислотных красителей при крашении полиэстера после химической модификации. Модификация полимера при 130°C в течение 60 минут перед дисперсионным окрашиванием обеспечивала большую глубину цвета, чем окрашивание полиэстера традиционным дисперсионным высокотемпературным методом. Стойкость окраски модифицированных и реактивно окрашенных тканей к стирке и поту достигла уровня от хорошего до отличного (4/5).

Работа [7] посвящена экстракции красителя из листьев тикового дерева и крашению натуральных тканей с использованием различных водных сред. При этом проведена оценка цветности и прочностных свойств окрашенных образцов по устойчивости к стирке, трению, свету и поту. Экстрагированный краситель показал свойства стойкости от умеренных до хороших с точки зрения светостойкости, стирки, трения и воздействия пота на шерсти и шелке и отличные свойства на нейлоне. Использование методов оценки устойчивости окраски позволяет показать крашение с использованием листьев тикового дерева как шаг к устойчивому развитию и эффективной утилизации отходов с многообещающим потенциалом для применения на натуральных и синтетических тканях.

Определение различных параметров тканей является одним из важных методов оценки качества тканей [8]. Интеллектуальный контроль сегодня является популярной тенденцией развития. В последние годы технология компьютерного контроля широко используется в области измерения плотности ткани, анализа цвета и распознавания узоров переплетения. Анализируются недостатки текущих исследований и возможные направления исследований в будущем. Технология компьютерного контроля имеет не только объективную оценку, но также обладает преимуществами точности и эффективности и имеет хорошие перспективы развития в области текстиля.

В статье [9] представлен всесторонний обзор автоматического распознавания структурных параметров ткани в последние годы. Структурные параметры ткани в основном включают плотность ткани, рисунок переплетения, цветовой рисунок и т. д., которые необходимо предварительно установить перед производством и тщательно проверить во время контроля качества. Анализ этих параметров считается самым ответственным шагом в тек-

стильной промышленности. Обычно используемые ручные операции, основанные на человеческом взгляде и опыте, требуют много времени и труда. Методы на основе компьютерного контроля или другие автоматические методы обладают преимуществами быстрого реагирования, объективной оценки и высокой стабильности. Представленный материал может помочь исследователям в понимании и использовании автоматизированных методов распознавания структурных параметров ткани, предоставляет некоторые новые идеи для других задач распознавания в текстильной промышленности.

В работе [10] оценивали и сравнивали цветостойкость и прочностные свойства тканей, окрашенных экстрагированными красителями с использованием ИК Фурье-спектроскопии.

В работе [11] используется определенный метод оценки устойчивости окраски. Оценка качества окраски проведена по уровню фиксации красителей в работе. Для достижения фиксации красителя почти на 100% разработаны макромолекулярные сшивающие реактивные красители, обсужден механизм их окрашивания и фиксации. В работе также активно используется определенный метод оценки устойчивости окраски.

Авторы [12] показали, что реактивные красители обладают хорошей устойчивостью окраски к стирке и истиранию. Использование методов оценки устойчивости окраски позволило показать, что нанесение закрепителя, не содержащего формальдегида, на окрашенные изделия повысило устойчивость окраски к стирке и истиранию, особенно для смесовой пряжи.

[13] представили подробное описание испытательного устройства с обзором результатов светостойкости и результирующего набора данных при исследовании светостойко-

сти более 100 синтетических красителей. Сравнения даны с данными о светостойкости и значениями ISO, доступными в цветовом индексе. Авторы предполагают, что набор данных послужит основой для расширения интeресов к дополнительным материалам и методам испытаний.

Использование красителей на основе ореховой скорлупы [14] может обеспечить чистый и устойчивый источник красителей, которые можно использовать для замены синтетических аналогов. При использовании методов оценки устойчивости окраски показано, что достигнута хорошая устойчивость к стирке (4–5), свету (3–8) даже без использования протравы.

Из опыта проведенных исследований видно, что в процессе проведения испытаний окраски на прочность к трению первоначальная окраска испытуемого образца изменяется. Эти изменения можно оценить по изменению насыщенности окраски, ее светлоты и тона. Эти показатели после трения могут измениться и одновременно, но при разном их сочетании. Как бы не изменялся характер этих изменений учитывают видимую глазу разность окраски исходного образца и образца после трения. Эту разность сравнивают с данными по серой шкале. В связи с этим разработана методика инструментального определения устойчивости окраски к физико-химическим воздействиям, позволяющего заменить способ оценки прочности окраски к трению по шкале серых эталонов является актуальной и перспективной научно-технической задачей.

Результаты и их обсуждение

Некоторые показатели прочности окраски в баллах и условия, при которых они определены, представлены в таблице 1.

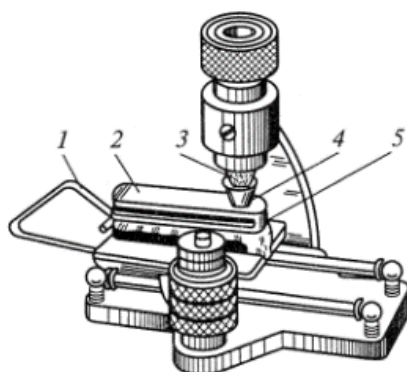
Таблица 1 – Прочность окраски к трению в баллах*

Показатели устойчивости окраски		Норма по ГОСТу 7779-75			Норма по стандарту ЭКО-ТЕКС 100
		ОК	ПК	ОПК	
Трение	сухое	3	3-4	3-4	4
	мокрое	-	-	-	2-3

*Примечание. ОК- обычновенная устойчивость окраски; ПК- прочная устойчивость окраски; ОПК- особо прочная устойчивость окраски.

По методике стандарта ЭКО-ТЕКС 200 устойчивость окраски текстильных материалов

оценивается только по закрашиванию белого материала. По ГОСТу 9733.0-83 оценка устойчивости окраски осуществляется и по изменению окраски исходного образца с использованием прибора ПТ-4.



1 – рукоятка; 2 – столик; 3 – резиновая пробка; 4 – пружинное кольцо; 5 – кольцо

Рисунок 1 – Прибор ПТ-4 для испытания прочности окраски к механическим воздействиям

Колористические показатели окраски окрашенной и напечатанной ткани проводили на цветоизмерительном оборудовании «Спектротон». Вместе с тем проводили измерения значения ΔE окраски с целью сравнить различия между начальным окрашенным образцом и образцом, прошедшим испытание по трению. Общее цветовое различие характеризует изменение показателей окраски по ее светлоте, насыщенности и цветовому тону. Для исходного образца и образца после трения ΔE измеряли в системе CIE L*a*b*. Затем, чтобы показать конечные значения прочности окраски в баллах, соответствующих шкале серых эталонов, проводили перерасчет значений ΔE .

Конструкция прибора «Спектротон» обеспечивает:

1) возможность учета или исключения зеркальной составляющей отражения;

2) геометрию измерения отражающих образцов (диффузное освещение, наблюдение под углом и т.д.).

В работе цветоизмерительного прибора «Спектротон» использованы два принципа. Первый – это измерение коэффициентов отражения. Второй – это измерение коэффициентов пропускания образца. При этом измерения основаны на 24 фиксированных длинах волн в видимой области спектра. Причем эти измерения проводятся в момент вспышки импульсной лампы. Затем следует математическая обработка результатов измерения. Для этой обработки используется встроенный программируемый универсальный контроллер.



Рисунок 2 – Колориметр «Спектротон»

Пробы для испытаний готовили по следующей схеме. После проведения испытаний образца на трение из него вырезали часть определенных размеров. Размеры вырезанной части определяются размером той части прибора «Спектротон», где проводится закрепле-

ние образца для измерения цветовых различий. Тестируемый образец должен быть без посторонних дефектов. Образец располагают на белой подложке, которая непроницаема для света. Так как измеряется ΔE , то исходный образец до трения и испытываемая проба после тре-

ния должны подготавливаться к измерению одинаково. Таким образом, сначала измеряли колористические показатели на исходном образце. Затем эти же показатели измеряли на образце после трения. За счет их сравнения между собой прибор показывает значение ΔE,

т.е. ту разницу между образцами по светлоте, насыщенности и цветовому тону. После измерения ΔE в системе CIE L*a*b*, проводили перерасчет по формуле (1), чтобы перевести величину ΔE в баллы, отображаемые на шкале серых эталонов.

$$\Delta E = 0,125 \left(2^{\frac{n+1}{2}} - 1 \right) \quad (1)$$

$$n = 10 - 2N.$$

где N – величина устойчивости окраски к свету в баллах.
Прочность окраски в баллах выражали численно с округлением до 0,5 балла.

$$N = 5,5 - \log (\Delta E + 1) / \log 2 \quad (2)$$

Таблица 2 – Пределы изменения значения ΔE и градация изменения окраски в баллах

Значение ΔE	Эквивалентный балл устойчивости окраски по серой шкале
Менее 0,40	5
$0,40 \leq \Delta E < 1,25$	4,5
$1,25 \leq \Delta E < 2,10$	4
$2,10 \leq \Delta E < 2,95$	3,5
$2,95 \leq \Delta E < 4,10$	3
$4,10 \leq \Delta E < 5,80$	2,5
$5,80 \leq \Delta E < 8,20$	2
$8,20 \leq \Delta E < 11,60$	1,5
Более 11,60	1

Оценку в баллах по значению ΔE рассчитывали на компьютере с использованием среды Excel. После ввода значения ΔE балл устойчивости окраски выводится на экран дисплея компьютера. На рис.1 слева представлена картинка ввода значения ΔE, т.е. компью-

тер запрашивает значение ΔE, которое необходимо ввести в верхнее поле. Затем нажимается клавиша «рассчитать» и появляется результат расчета. Например, после ввода значения ΔE=15, устойчивость окраски в баллах равна 1 (рис.1, картинка справа).

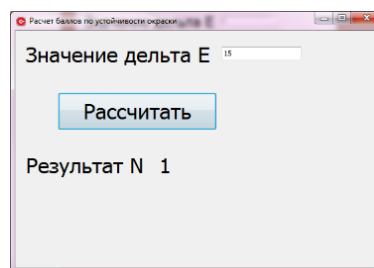
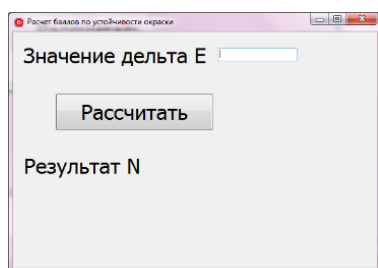


Рисунок – Вывод на экран компьютера результата устойчивости в баллах по значению ΔE

Заключение, выводы

Предложен новый способ по определению прочности устойчивости окраски текстильных материалов к трению и подтверждено соответствие требованиям стандартов. Совершенствование методов оценки прочности окрасок текстильных материалов к трению позволяет не только эффективно и в кратчайший срок выявить качество текстильного материала, но и упростить саму процедуру проведения испыта-

ний и одновременно сократить время и общие затраты на проведение испытаний.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wahyuningsih, S.E., Kusumastuti, A., Krisnawati, M., Yuniar, M., Furi, M.R. Quality of motif, colors and fastness of Sekar Ayu ecoprint products in terms of mordant type, natural dyes, and types of leaves on silk fabrics, 2022, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 969(1), 012043.

2. Rahman, M.M., Sultana, J., Hossain, M.S., Adeel, M. Effect of Manufacturing Parameters on the Physical and Dimensional Properties of Single Jersey and Lycra Single Jersey Fabric, 2022/ Materials Science Forum, 1054 MSF.-PP 135-142

3. Abdelslam, S.H., Mashaly, H.M., Abd El-Thalouth, J.I., Saad, M.O., Abdel-Aziz, M.S. An environmental friendly approach in printing of natural fabrics on using chitosan and chitosan nanoparticles, 2021, Egyptian Journal of Chemistry. 64(8).-PP 4283-4299

4. Czaplicki, Z., Matyjas-Zgondek, E., Strzelecki, S. Dyeing of Wool and Woolen Fabrics in Magnetically Treated Water. 2021, //Journal of Natural Fibers. 18(12).-PP. 2055-2062

5. Uzumcu, M.B., Celik, P., Gulumser, T., Kadoglu, H. A Comparison of Color Fastness Properties of Mulberry Silk and Tussah Silk Fabrics in Blends with Cellulosic Fibers, 2021//Journal of Natural Fibers. 18(11).-PP. 1834-1843

6. Toprak, T., Anis, P. Dyeing properties of organobase-induced poly(ethylene terephthalate) fabric. 2020. Textile Research Journal, 90(23-24):PP 2658-2673

7. Agrawal, A., Chopra, S. Sustainable dyeing of selected natural and synthetic fabrics using waste teak leaves (*Tectona Grandis L.*), 2020. Research Journal of Textile and Apparel, 24(4).-PP 357-374

8. Fan, M., Xin, B., Zhu, R., Deng, N. Review of Computer Vision Applications in Fabric Recognition and Color Analysis, 2022//Journal of Donghua University (English Edition), 39(6). - PP 581-589

9. Meng, S., Pan, R., Gao, W., Yan, B., Peng, Y. Automatic recognition of woven fabric structural parameters: a review, 2022, Artificial Intelligence Review, 55(8). - PP 6345-6387

10. Sultana, S., Akter, K., Sarker, M.K.U., Haque, M.M., Islam, M.R. Color Fastness and Tensile Properties of Cotton Fabric Dyed with Extract from *Albizia Procera* Sawdust, 2022, Fibers and Polymers, 23(10)). - PP 2820-2827

11. Zhang, S., Ma, W., Tang, B., Shan, B. Innovation and application of dyes with high fixation, 2022, Chinese Journal of Chemical Engineering, 51,). – PP 146-152

12. Liu, J., Jiang, W., Lv, C. Dyeing of soybean protein/flax blended yarns with reactive dyes and subsequent dye-fixation, 2022, Scientific Reports, 12(1),1506

13. Hagan, E., Castro-Soto, I., Breault, M., Poulin, J. The lightfastness of early synthetic organic dyes, 2022, Heritage Science, 10(1),50

14. Dulo, B., De Somer, T., Phan, K., Raes, K., De Meester, S. Evaluating the potential of natural dyes from nutshell wastes: Sustainable colouration and functional finishing of wool fabric, 2022, Sustainable Materials and Technologies, 34, e00518

15. Баданов К.И. Активация химико-текстильных процессов отделочного производства. Монография. – Тараз: ТИГУ, 2014.- 224 с.

REFERENCES

1. Wahyuningsih, S.E., Kusumastuti, A., Krisnawati, M., Yuniar, M., Furi, M.R. Quality of motif, colors and fastness of Sekar Ayu ecoprint products in

terms of mordant type, natural dyes, and types of leaves on silk fabrics, 2022, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 969(1), 012043.

2. Rahman, M.M., Sultana, J., Hossain, M.S., Adeel, M. Effect of Manufacturing Parameters on the Physical and Dimensional Properties of Single Jersey and Lycra Single Jersey Fabric, 2022, Materials Science Forum, 1054 MSF, p. 135-142

3. Abdelslam, S.H., Mashaly, H.M., Abd El-Thalouth, J.I., Saad, M.O., Abdel-Aziz, M.S. An environmental friendly approach in printing of natural fabrics on using chitosan and chitosan nanoparticles, 2021, Egyptian Journal of Chemistry. 64(8), p. 4283-4299

4. Czaplicki, Z., Matyjas-Zgondek, E., Strzelecki, S. Dyeing of Wool and Woolen Fabrics in Magnetically Treated Water. 2021, Journal of Natural Fibers. 18(12), p. 2055-2062

5. Uzumcu, M.B., Celik, P., Gulumser, T., Kadoglu, H. A Comparison of Color Fastness Properties of Mulberry Silk and Tussah Silk Fabrics in Blends with Cellulosic Fibers, 2021. Journal of Natural Fibers. 18(11), p. 1834-1843

6. Toprak, T., Anis, P. Dyeing properties of organobase-induced poly(ethylene terephthalate) fabric. 2020. Textile Research Journal, 90(23-24), p. 2658-2673

7. Agrawal, A., Chopra, S. Sustainable dyeing of selected natural and synthetic fabrics using waste teak leaves (*Tectona Grandis L.*), 2020. Research Journal of Textile and Apparel, 24(4), p. 357-374

8. Fan, M., Xin, B., Zhu, R., Deng, N. Review of Computer Vision Applications in Fabric Recognition and Color Analysis, 2022, Journal of Donghua University (English Edition), 39(6), p. 581-589

9. Meng, S., Pan, R., Gao, W., Yan, B., Peng, Y. Automatic recognition of woven fabric structural parameters: a review, 2022, Artificial Intelligence Review, 55(8), p. 6345-6387

10. Sultana, S., Akter, K., Sarker, M.K.U., Haque, M.M., Islam, M.R. Color Fastness and Tensile Properties of Cotton Fabric Dyed with Extract from *Albizia Procera* Sawdust, 2022, Fibers and Polymers, 23(10), p. 2820-2827

11. Zhang, S., Ma, W., Tang, B., Shan, B. Innovation and application of dyes with high fixation, 2022, Chinese Journal of Chemical Engineering, 51, p. 146-152

12. Liu, J., Jiang, W., Lv, C. Dyeing of soybean protein/flax blended yarns with reactive dyes and subsequent dye-fixation, 2022, Scientific Reports, 12(1),1506

13. Hagan, E., Castro-Soto, I., Breault, M., Poulin, J. The lightfastness of early synthetic organic dyes, 2022, Heritage Science, 10(1),50

14. Dulo, B., De Somer, T., Phan, K., Raes, K., De Meester, S. Evaluating the potential of natural dyes from nutshell wastes: Sustainable colouration and functional finishing of wool fabric, 2022, Sustainable Materials and Technologies, 34, e00518

15. Баданов К. И. Aktivatsiya khimiko-tekstilnykh protsessov odelochnogo proizvodstva. Monografiya [Activation of chemical and textile processes of finishing production. Monograph]. - Taraz: TIGU, 2014.- 224 p