

ВЛИЯНИЕ ПОДГОТОВКИ ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТКАНЕЙ НА КАЧЕСТВО ЦИФРОВОЙ ПРЯМОЙ СТРУЙНОЙ ПЕЧАТИ АКТИВНЫМИ ЧЕРНИЛАМИ

THE EFFECT OF COTTON FABRIC PREPARATION ON THE QUALITY OF DIGITAL DIRECT INKJET PRINTING WITH ACTIVE INK

Е.А. ЛАПИНА¹, Ш.А. ЮСУПОВА², А.В. ЧЕШКОВА¹, З.А. ЯМИНЗОДА², М.Д. ШТУКАНОВ¹
E.A. LAPINA¹, S.A. YUSUPOVA², A.V. CHESHKOVA¹, Z.A. YAMINZODA², M.D. SHUKANOV¹

(¹Ивановский государственный химико-технологический университет,
²Технологический университет Таджикистана)

(¹Ivanovo State University of Chemical and Technology
²Technological University of Tajikistan)

E-mail: katya.katya-la@yandex.ru; a_cheshkova@mail.ru

В работе изучено влияние подготовки целлюлозных хлопчатобумажных материалов на качество цифровой печати. Приведены результаты экспериментальных исследований, моделирующих струйную печать активными чернилами на хлопчатобумажных тканях поверхностной плотности 116...220 г/м² с использованием цифрового струйного плоттера. Получены зависимости цветовых характеристик печатных рисунков от способа подготовки ткани. Доказано высокое качество цифровой печати на тканях, прошедших биоотварку с применением композиции кислых гидролаз (амилаз и пектиназ), за счет обеспечения оптимальной скорости впитывания капли промышленных чернил (1 с) и капиллярности (не более 100 мм/ч). Предложено использование биоотварки как способа подготовки ткани под цифровую печать активными чернилами для получения грунтовых «застылых» рисунков.

The paper studies the effect of preparation of cellulose cotton materials on the quality of digital printing. The results of experimental studies modeling inkjet printing with active ink on cotton fabrics with a surface density of 116-229 g/m² using a digital inkjet plotter are presented. The dependences of the color characteristics of printed patterns on the method of fabric preparation are obtained. The high quality of digital printing on fabrics that have undergone bio-decoction using a composition of acid hydrolases (amylases, pectinases) is proven due to ensuring the optimal absorption rate of a drop of industrial ink (1 sec.) and capillarity (no more than 100 mm/hour). The use of bio-decoction as a method of preparation for digital printing with active inks to obtain ground "covered" patterns is proposed.

Ключевые слова: активные чернила, биоотварка, беление, текстильная цифровая печать, хлопчатобумажные ткани.

Keywords: active inks, bio-decoction, bleaching, textile digital printing, cotton fabrics.

Введение

К современным цифровым технологиям в области колорирования хлопчатобумаж-

ных материалов относится прямая струйная печать, реализуемая на текстильных плоттерах (принтерах), которая обладает

преимуществами перед ротационной печатью с сетчатыми валами, но требует специальной подготовки и предподготовки ткани. В России струйная печать активными чернилами реализуется на предприятиях «Золотой гусь», «МИРтекс» и «Самойловский текстиль» ООО «Нордтекс» в Ивановской области, а также в компаниях DiTEX, «Рост текстиль» (г. Нижний Новгород) и московских компаниях «Черника принт» и Solstudio [1].

Окраска формируется непосредственно на волокнистом субстрате, и количество получаемых цветов практически неограниченно, что позволяет воспроизводить рисунки с фотографической точностью и тончайшими цветовыми переходами [3...10]. Прямая струйная печать «inkjet» проводится высококонцентрированными растворами красителей (чернилами) по хлопчатобумажной ткани с предварительно нанесенными текстильно-вспомогательными веществами (стадия предобработки). Предпечатный состав содержит все компоненты, входящие в состав печатной краски при традиционной печати на ротационных машинах, кроме красителя. Эффективность протекания ковалентного связывания активного красителя с целлюлозой будет определяться качеством подготовки, свойствами предпечатного состава. Особые требования до печатания предъявляются к капиллярным свойствам впитываемости (смачиваемости) тканей. Одной из функций предпечатного состава является снижение растекания капли чернил.

Электронный дизайн-макет изображения для прямой струйной печати активными чернилами состоит из множества идеально ровных и округлых точек с диаметром, который требуется для передачи нужного полутона и цвета. Однако проблема прямой струйной печати заключается в том, что капля чернил искажается при попадании на текстильный материал, что влияет на качество печати. Деформация возникает в зависимости от того, попадает капля на основную или уточную пряжу, от капиллярности и впитываемости ткани. Явление приращения площади растровой точки при печатании получило название

растискивания. В результате изображение становится более расплывчатым, снижается его контрастность и ухудшается общее восприятие. На рис. 1 схематично представлено сравнение растровой точки на печатной некапиллярной форме (слева) и растровой точки на капиллярной хлопчатобумажной ткани (справа). Можно видеть, что капля на капиллярном текстильном материале имеет приращение.

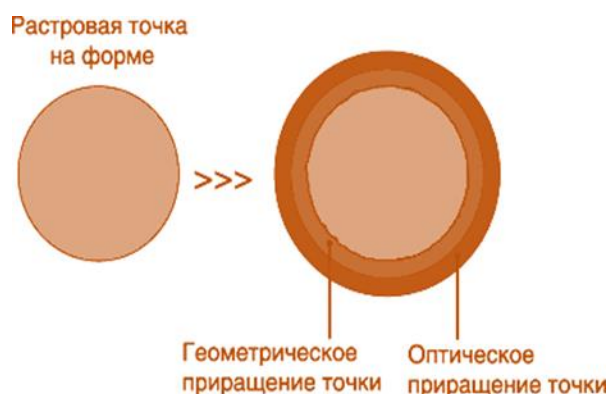


Рис. 1

Геометрическое и оптическое приращение точек раstra увеличивает напечатанную область материала и уменьшает пробелы между каплями красителя (чернил). В результате изображение становится более темным, снижается его контрастность и ухудшается общее восприятие.

После попадания капли на ткань капля формы полусферы разрушается под действием капиллярных сил и краситель стекает из центра в периферийные области, образуя по краю плоскости тонкий ореол (растискивание точки раstra).

Задача печатания при помощи струйной прямой печати активными чернилами состоит в исключении растекания, в обеспечении стабильности капли чернил на поверхности материала и компенсации растекания капли на этапе подготовки к печати. Это можно обеспечить путем как нанесения специальных предпечатных составов, так и создания требуемой оптимальной капиллярности и впитываемости. Согласно рекомендациям, сформулированным специалистами производства, оптимальные значения капиллярности со-

ставляют 95...100 мм/ч при впитываемости не менее 1 с.

Цель исследования заключалась в оценке влияния способа подготовки на результат цифровой печати активными чернилами и определении возможности исключения стадии беления из технологического режима подготовки.

Методики

Печать материала осуществлялась в условиях: $T = 24...26$ °С, влажность воздуха не менее 40...45 %. В качестве текстильного материала для проведения исследований и использовались суровые, биоотваренные и отбеленные хлопчатобумажные ткани: бязь (135 г/м²), поплин (116 г/м²), сатин (140 г/м²), диагональ (220 г/м²), миткаль (120 г/м²), шифон (116 г/м²), молескин (215 г/м²), рогожка (220 г/м²). Выбранные для исследования ткани выработаны из хлопкового волокна высокого качества с низким содержанием инкрустирующих сорных примесей «галочки» – не более 2 шт./м². Текстильный материал после предпечатной обработки и сушки был напечатан с помощью струйного принтера активными красителями.

Биоотварку проводили на эжекторе, установленном на ОСП «Самойловский текстиль» ООО «Нордтекс», при температуре $37...45$ °С в течение 60 минут с применением кислых амилаз и пектиназ ООО «Биопрепарат» (г. Воронеж) общей концентрации 2 г/л. Одностадийное и двухстадийное щелочно-перекисное беление для всех артикулов тканей проводили на линии отварки и беления (ЛЮБ) согласно действующим режимам производства [10].

Состав для предпечати содержал в г/л: Na_2CO_3 – 25, мочевины – 100, Лудигол – 10, и загуститель альгинат натрия – 100. Состав наносился на текстильный материал путем пропитки и отжима на промышленной плюсовке до 80% остаточной влажности с последующей конвективной сушкой в камере линии заключительной отделки при температуре не более $100...105$ °С.

Эксперимент проводили на хлопчатобумажных тканях активными чернилами марки RCS. Чернила нагреваются в печатающих головках текстильного принтера

до температуры 40 °С для получения стабильной вязкости и соответственно стабильного размера капли. Для моделирования процесса струйной печати использовали метод капли. Для этого фиксированный объем капли 0,1 мл из раствора чернил, нагретых до 40 °С, наносили на ткань без или с предпечатным составом. Далее процедура являлась аналогичной производственному режиму. Фиксация активного красителя (чернил) на текстильном материале проводилась в условиях производства путем запаривания образцов при температуре $100...102$ С в течение 8 минут на запарном малогабаритном промышленном зрельнике. После промывки по стандартному режиму (холодная вода, теплая вода 60 °С, мыловка при 85 °С с ПАВ Сульфосид 0,5 г/л, теплая вода 60 °С, холодная вода) на малогабаритной промывной установке материал обрабатывали на сушильно-ширильной линии.

Для оценки качества текстильной печати использованы цветовые характеристики системы CIElab, показатель цветового тона, произведен расчет показателя ΔE (цветовое различие). Определение цветовых характеристик ткани проводили с помощью спектрофотометра YS 3010. Расчет показателя ΔE производили с применением точных координат цветов в цветовом пространстве по общепринятой формуле:

$$\Delta E = [(\Delta a)^2 + (\Delta b)^2 + (\Delta L)^2]^{1/2}. \quad (1)$$

Для определения степени фиксации активных красителей использовали метод кислотных гидрозолей, который заключается в сравнении оптических плотностей растворенных в серной концентрированной кислоте окрашенных образцов хлопчатобумажных текстильных материалов до их промывки (D_0) и после промывки и мыловки по стандартным режимам (D_ϕ) [11]:

$$C_\phi = \frac{D_\phi}{D_0} * 100\%. \quad (2)$$

Образцы, взвешенные с точностью до 0,001 г, растворяли при охлаждении в 20 мл концентрированной серной кислоты

($p = 1,834$) в течение 1...2 суток. Полученные растворы разбавляли дистиллированной водой (в присутствии ПАВ) и колориметрировали.

Определение капиллярности, устойчивости окраски к трению производили в соответствии с ГОСТ 3816-81, ГОСТ 9733.4-83, ГОСТ 9733.27-83. Гидрофильность ткани (смачиваемость) определяли с помощью теста на капли воды в соответствии с NBR 13000. Время впитывания воды определяли в секундах как время между контактом капли воды с тканью и исчезновением капли воды на ткани.

Обсуждение результатов

Наносимые капельки чернил должны быстро смачивать текстильный материал, но при этом не растекаться по нему. Такие свойства чернил обеспечиваются опреде-

ленной величиной поверхностного натяжения и вязкости. При условии, что вязкость краски в условиях печати одинаковая, можно оценить влияние качества подготовки на результат растекания (растискивания) капли.

Из представленных результатов (рис. 2, табл. 1) видно, что способ подготовки влияет на растекание капли и формирование зоны интенсивного окрашивания и внешнего муара. Этот бледный муар, образуемый в случае высокой капиллярности ткани (беление и ткань без пропитки), отрицательно влияет на формирование нужного цвета. Особенно этот отрицательный эффект будет проявляться на границе разных цветов, приводя к расплывчатости изображения и искажению цвета.

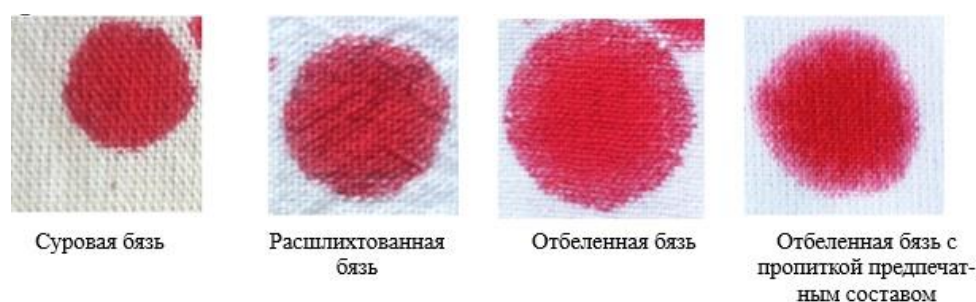


Рис. 2

Т а б л и ц а 1

Ткань	Капиллярность, мм/ч, ± 2	Капиллярность, мм/с	Смачиваемость суровой ткани, с	Смачиваемость, с	Внешний диаметр капли d , мм ± 1
Миткаль	100/148	8/11	Более 60	4/<1	12/15
Диагональ	100/128	5/14	Более 60	3/<1	6/8
Поплин	110/145	8/14	55	4/<1	10/16
Шифон	100/135	5/9	58	6/<1	8/10
Бязь	100/138	7/10	Более 60	6/<1	10/15
Сатин	110/142	10/15	55	3/<1	11/14
Рогожка	100/130	7/11	Более 60	5/<1	10/15
Молескин	105/145	9/13	54	4/<1	10/14

Примечание. В числителе дроби – показатель после биообработки, в знаменателе – после беления.

На рис. 3 представлены результаты капиллярного впитывания раствора чернил при температуре 40°C. Для анализируемого периода – времени прохождения ткани с нанесенным раствором до сушильного агрегата – приобретаемая после биоотварки капиллярность имеет высокую скорость в первые секунды. Для исследуемых тканей после беления капиллярность за 5 секунд

значительно выше и составляет от 35 до 45 мм. Данные различия в скорости капиллярного впитывания хорошо прослеживаются по полученным логарифмическим уравнениям: для биоотваренного сатина эта зависимость представлена уравнением $y = 4,2 \ln(x) + 4,6$, а для отбеленного сатина – соответственно уравнением $y = 50,6 \ln(x) - 38,6$. Предполагаем, что приобретаемая ка-

пиллярность ткани после биоотварки благоприятна для фиксирования капли в ограниченном объеме ткани.

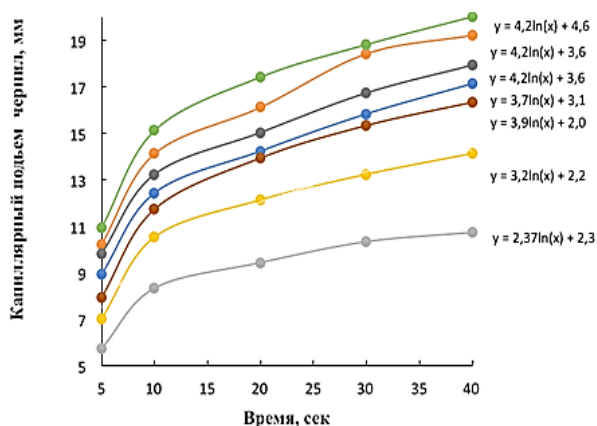


Рис. 3

образуемый цвет, но и на устойчивость формируемого печатного рисунка к физико-механическим воздействиям (табл. 2). Предполагаем, что биообработка способствует полному удалению крахмала шпикты с ткани и частично гидрофобных сопутствующих веществ хлопкового волокна, тем самым обеспечивая сохранение части нативных восков на поверхности волокон. В процессе печатания нагретая капля чернил соприкасается с поверхностью волокон ткани, которая также нагревается. Видимо, происходит расплавление восков с обеспечением проникания красителя в структуру целлюлозы и последующим «ламинированием» красителя при охлаждении ткани.

Способ подготовки влияет не только на

Таблица 2

Образец	Технология подготовки*	L, %	a +краснее/ -зеленее	b +желтое/ -синее	ΔE	Устойчивость к трению***	
						сухому	мокрому
Сатин	1	17,9	39,2	27,6	3,3	5/5	5/4
	2	33,5	51,9	47,0	1,8	5/4	4/4
Молескин	1	27,6	50,5	40,7	2,1	5/5	4/4
	2	28,0	48,5	40,9	2,0	5/4	4/4
Диагональ	1	28,6	51,5	41,9	2,0	5/4	4/5
	2	29,5	49,1	41,0	1,9	4/4	4/4
Поплин	1	22,5	44,5	34,0	2,6	5/5	5/4
	2	27,9	50,7	41,0	2,1	4/4	4/4
Шифон	1	32,5	54,0	46,3	1,9	5/5	5/4
	2	37,3	53,8	50,6	1,6	5/4	4/4
Ситец	1	28,1	51,0	41,3	2,2	5/5	5/4
	2	28,8	51,8	42,1	2,9	5/4	4/4
Бязь	1	28,9	50,4	42,2	2,1	5/5	5/4
	2	31,8	54,4	42,8	2,0	5/4	4/4
Рогожка	1	23,7	45,9	35,6	2,5	5/4	5/4
	2	34,1	52,3	46,3	1,6	4/4	4/4
Бязь без предварительной пропитки	1	54,5	25,4	32,1	23,5	3/2	3/1
	2	46,1	22,5	18,2	34,3	3/2	1/2
Бязь, классическая печать**	-	44,0	38,8	48,3	0	5/5	5/4

*1 – биоотварка, 2 – двухстадийное щелочно-перекисное белие.

**Образец сравнения – бязь с печатным рисунком заданного цвета (цифровой аналог) на ротационной печатной машине с сетчатыми шаблонами.

***В числителе дробы – степень посветления первоначальной окраски ткани, в знаменателе – степень закрашивания белых сопроводительных тканей, прошедших испытание вместе с окрашенными.

Таблица 3

	Обработка (суровая/биообработка/белие)	L	a +краснее/ -зеленее	b +желтое/ -синее	Впитываемость, с	Степень фиксации, %
Сатин						
1	Одностадийное белие	35,0	51,4	38,3	3	93,5
2	Двухстадийное белие	34,9	52,3	39,5	Менее 1	95,9
3	Расшлихтовка амилазами	37,3	53,8	50,6	8	88,1
	Расшлихтовка/белие	41,1	42,7	50,4	1	94,3
4	Биоотварка*	36,5	43,6	48,6	3	95,5
5	Биополировка**	38,6	54,4	51,7	2	96,2

Поплин						
6	Одностадийное беление	34,0	46,0	43,5	6	93,2
7	Двухстадийное беление	33,8	48,9	45,1	Менее 1	96,1
8	Расшлихтовка амилазами	37,1	43,9	48,3	10	86,2
	Расшлихтовка/беление	42,5	51,8	48,8	3	94,3
9	Биоотварка	34,1	43,3	44,5	4	94,9
10	Биополировка	40,3	50,9	49,3	3	96,2

*Биоотварка: состав – кислые низкотемпературные амилаза 1 г/л и пектиназа 1 г/л (ООО «Биопрепарат»).

**Биополировка: состав – кислые низкотемпературные амилаза 1 г/л, пектиназа 1 г/л, целлюлаза 1 г/л (ООО «Биопрепарат»).

ВЫВОДЫ

1. Проведено моделирование цифровой печати активными чернилами на тканях различной подготовки (биоотварка или щелочно-перекисное беление) путем получения капельного рисунка. Установлено, что снижение капиллярности ткани за счет исключения стадии беления из технологической цепочки подготовки и использования биоотварки позволяет создать оптимальные условия формирования капли чернил, исключая ее растекание на текстильном материале.

2. На основе сравнительной оценки цветового различия и цветовых характеристик по системе CIElab печатного рисунка, полученного на хлопчатобумажных тканях различных артикулов, показано, что использование операции подготовки текстильного материала путем низкотемпературной биоотварки с применением кислых амилаз и пектиназ обеспечивает получение печатного рисунка с большим цветовым различием (ΔE) в сравнении с печатью на печатной машине с сетчатыми валами. Формируемая окраска имеет более интенсивный цвет за счет минимизации растекания капли чернил, сохранения природной окраски хлопкового волокна и фиксации активного красителя на целлюлозной ткани.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шмаков А.М. Текущая оценка рынка цифровой печати по текстилю и перспективы его развития до 2029 года // Цифровой текстиль. 2024. № 3. С. 54...57.
2. Захарченко А.С. Пигментная и активная цифровая печать. Предприятия на распутье // Цифровой текстиль. 2024. № 2. С. 92...93.
3. Тихомирова Н.А., Захарова А.В., Киселев А.М. Преимущества и проблемы реализации технологии прямой струйной печати текстильных материалов // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (Smartex). Иваново: ИВГПУ, 2017. № 1. С. 322...328.
4. Белокурова О.А., Щеглова Т.Л. Перспективные технологии, материалы и оборудование для текстильной печати: учеб. пособие. Иваново: ИГХТУ, 2008. 72 с.
5. Чешикова А.В., Шарнина Л.В., Одинцова О.И. Прогрессивное оборудование отделочного текстильного производства: учебное пособие. Иваново: ИГХТУ, 2016. 170 с.
6. Сафонов В.В., Третьякова А.Е., Шкурихин И.М. и др. Химическая технология и дизайн текстильных материалов. М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2008. 34 с.
7. Коновалова М.В., Алиева А.Е. О применении активных красителей в цифровой печати по текстильным материалам из шелка // Научный альманах: специальный выпуск журнала «Текстильная промышленность». 2005. № 7-8. С. 67...69.
8. Гранатович Н.Н., Тараканов М.К., Кричевский Г.Е. Разработка технологии эффективной подготовки текстильных материалов под цифровую печать активными красителями с применением катионных препаратов // Научный альманах: специальный выпуск журнала «Текстильная промышленность». 2006. №7. С. 30...35.
9. Кураев А.Ю., Киселев А.М., Тихомирова Н.А., Зайченко Л.П. Свойства растворов красителей для струйной печати текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2009. №6. С. 66...68.
10. Чернякова В.А., Раскачнова М.В., Санжеева Е.Б. Интенсификация процесса цифровой печати активными красителями по трикотажу путем его предварительной модификации // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (Smartex). Иваново: ИВГПУ, 2021. № 1. С. 358...361.
11. Мельников Б.Н. Отделка хлопчатобумажных тканей. В 2 ч. Ч. 1. Технология и ассортимент хлопчатобумажных тканей: справочник. М.: Легпромбытиздат, 1991. 432 с.

REFERENCES

1. *Shmakov A.M.* Current assessment of the digital textile print in gmarket and its development prospects up to 2029 // *Digital textile*. 2024. N. 3. P. 54...57.
2. *Zakharchenko A.S.* Pigment and active digital printing. Enterprises at a crossroads // *Digital textile*. 2024. N. 2. P. 92...93.
3. *Tikhomirova N.A., Zakharova A.V., Kiselev A.M.* Advantages and problems of implementing direct inkjet printing technology for textile materials // *Physics of Fibrous Materials: Structure, Properties, Science-Intensive Technologies and Materials (Smartex)*. Ivanovo: IVGPU, 2017. N. 1. P. 322...328.
4. *Belokurova O.A., Scheglova T.L.* Advanced technologies, materials and equipment for textile printing: textbook. Ivanovo: ISUCT, 2008. 72 p.
5. *Cheshkova A.V., Sharnina L.V., Odintsova O.I.* Progressive equipment for finishing textile production: textbook. Ivanovo: ISUCT, 2016. 170 p.
6. *Safonov V.V., Tretyakova A.E., Shkurikhin I.M. etc.* Chemical technology and design of textile materials: Moscow: Kosygin Russian State University, 2008. 34 p.
7. *Konovalova M.V., Alieva A.E.* On the use of active dyes in digital printing on silk textile materials // *Scientific almanac: special issue of the journal "Textile Industry"*. 2005. № 7-8. P. 67...69.
8. *Granatovich N.N., Tarakanov M.K., Krichevsky G.E.* Development of technology for efficient preparation of textile materials for digital printing with active dyes using cationic preparations // *Scientific almanac: special issue of the journal "Textile Industry"*. 2006. №7. P. 30...35.
9. *Kuraev A.U., Kiselev A.M., Tikhomirova N.A., Zaychenko L.P.* Properties of dye solutions for inkjet printing of textile materials // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2009. № 6. P. 66...68.
10. *Chernyakova V.A., Raskachnova M.V., Sanzheeva E.B.* Intensification of the process of digital printing with active dyes on knitwear by its preliminary modification // *Physics of Fibrous Materials: Structure, Properties, Science-Intensive Technologies and Materials (Smartex)*. Ivanovo: IVGPU, 2021. N. 1. P. 358...361.
11. *Melnikov B.N.* Finishing of cotton fabrics. In 2 parts. Part 1. Technology and assortment of cotton fabrics: handbook. M.: Legprombytizdat, 1991. 432 p.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов ИГХТУ. Поступила 31.10.24.
