

УДК 687.03:677.11+677.027.625.11
DOI 10.47367/0021-3497_2024_1_138

**ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАЦИЙ
СТАЧИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ И БИООБРАБОТКИ ПОЛУФАБРИКАТОВ
НА ЖЕСТКОСТЬ ЛЬНЯНОЙ ОДЕЖДЫ***

**THE IMPACT OF THE SEQUENCE OF PARTS STITCHING
AND BIO-PROCESSING OF SEMI-FINISHED PRODUCTS
ON THE STIFFNESS OF LINEN GARMENT**

Т.С. СОЛОДУШЕНКОВА^{1,2}, Н.Л. КОРНИЛОВА¹, С.А. КОКШАРОВ³, О.В. РАДЧЕНКО^{1,4}, Е.В. ЗОБНИНА⁴
T.S. SOLODUSHENKOVA^{1,2}, N.L. KORNILOVA¹, S.A. KOKSHAROV³, O.V. RADCHENKO^{1,4}, E.V. ZOBNINA⁴

¹Ивановский государственный политехнический университет,
²Уфимский государственный нефтяной технический университет,
³Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук, г. Иваново,
⁴ООО «Лидертекс», г. Иваново)

¹Ivanovo State Polytechnic University,
²Ufa State Petroleum Technical University,
³G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences, Ivanovo,
⁴LLC "Lidertex", Ivanovo)

E-mail: nkorn@mail.ru

Работа продолжает цикл исследований, направленных на расширение использования льняных тканей в индустрии моды. Разрабатываемый метод градиентного смягчения материалов базируется на применении специальных

*Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям (гос. контракт №3480ГС1/57516) с использованием оборудования ЦКП «Верхневолжский региональный центр физико-химических исследований».

целлюлазных препаратов для обработки деталей швейного изделия. Объемная форма изделия зависит от пластичности мест ниточного соединения деталей. В связи с этим большой интерес представляет изучение деформационного поведения умягченных материалов в швах различной конструкции. Для группы плательных тканей определены значения приведенного показателя жесткости шва. Величина показателя использована для подразделения швов на три группы: каркасные, мягкие и средней жесткости. Применение биообработки позволяет снизить жесткость швов относительно базового уровня для неумягченных материалов. Наибольшее снижение показателя (в 8,2–12,8 раза) достигнуто при биообработке узлов со швами средней жесткости. Наименьшая эффективность (в 4,6–5,9 раза) получена для группы каркасных швов. Стачивание деталей после биообработки уменьшает эффективность умягчения шва в 1,2–2,6 раза. Результаты позволяют оптимизировать свойства узлов в конструкции швейного изделия с учетом создаваемой силуэтной формы.

The work continues a cycle of research aimed at expanding the use of linen fabrics in the fashion industry. The developed method of gradient softening of materials is based on the use of special cellulases for the processing of sewing parts. The volumetric shape of the product depends on the plasticity of the thread seams. In this regard, the study of the deformation behavior of softened materials in the seams of various construction is of great interest. The values of the relative suture stiffness were determined for a group of dresses fabrics. The value of the indicator is used to divide the seams into three groups: frame, soft and medium stiffness. The use of bio-treatment allows to reduce the stiffness of joints relative to the base level for non-softened materials. The greatest decrease in the indicator by 8,2–12,8 times was achieved during the bio-treatment of nodes with medium-stiffness seams. The lowest efficiency (4,6–5,9 times) was obtained for a group of frame seams. The parts stitching after bio-treatment reduces the effectiveness of softening the seam by 1,2–2,6 times. The results allow us to optimize the properties of the nodes in the design of the garment, taking into account the projected silhouette shape.

Ключевые слова: льняная одежда, биоумягчение полуфабрикатов, конструкция шва, жесткость швов при изгибе.

Keywords: linen clothing, bio-softening of semi-finished products, seam construction, bending stiffness of the seams.

Геометрия трехмерной формы одежды определяется конструктивными линиями членения и применяемыми способами соединения деталей [1...3]. Ниточные швы существенно изменяют пластические свойства полотна и исполняют роль «ребер жесткости» при получении заданного силуэта. Многочисленные предыдущие исследования демонстрируют повышенный интерес к изучению возможностей корректировки формы при использовании швов с рациональным уровнем жесткости на изгиб.

Показано, что жесткость шва зависит от разных факторов, в том числе от типа ткани, ее толщины и растяжимости, конструкции шва, его расположения и направления, величины припуска на шов, а также от типа и натяжения швейной нити, толщины иглы и плотности стежка [4...10]. Вид финишной отделки, в частности нанесение силиконового мягчителя [11], также влияет на свойства шва. Последнее обстоятельство имеет особое значение при работе с льняными полотнами, способность

которых к сопротивлению деформациям изгиба и сдвига существенно превышает уровень жесткости, например, тканей из шерстяных и/или химических волокон [12]. Закономерно, что различие в жесткости швов многократно превышает величину отклонений между параметрами сравниваемых тканей.

Большие перспективы для расширения ассортимента швейной продукции из льняных тканей открывает новый метод ферментативного умягчения, предусматривающий локализованное воздействие целлюлаз на сетку микрофибрилл целлюлозы в периферийном слое первичной клеточной стенки льняного волокна [13]. Метод предполагает подбор ферментных препаратов с учетом прочности сорбционного связывания целлюлаз на поверхности субстрата и размеров их глобулы, ограничивающих проникновение биокатализатора вглубь клеточной стенки в условиях жидкостной обработки, обеспечивающей набухание волокна, либо при маломодульном нанесении технологического раствора [14, 15].

На предыдущих этапах показано, что новый метод применим для реализации технологии градиентного мягчения льняных полуфабрикатов в процессе пошива изделия [16]. Выявлены зависимости для регулируемого изменения параметров жесткости и формуемости деталей кроя за счет варьирования уровня каталитической активности целлюлазы. Для управления деформационными свойствами узлов швейного изделия большой интерес представляет анализ эффективности ферментативного умягчения мест соединения деталей швами разных конструкций.

Цель настоящего исследования состоит в выявлении закономерностей изменения жесткости на изгиб мест ниточного соединения при варьировании последовательно операций стачивания деталей и биомодификации по жидкостной технологии.

Материалы и методы

Использованы три вида легких льняных тканей полотняного переплетения. Характеристики тканей приведены в табл. 1.

Все ткани не подвергались мягчению в текстильном производстве, но различались

режимами подготовки. Образец 1 прошел циклы щелочной варки ровницы и гипохлоритно-пероксидного беления полотна. Образец 2 получен с использованием окислительной варки ровницы и крашения полубелой пряжи. Подготовка образца 3 включала операции окислительной варки ровницы, сокращенного беления ткани, а также крашения полотна в светлые тона.

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Поверхностная плотность P, г/м ²	Число нитей на 10 см		Толщина пряжи, текс	
		основа	уток	основа	уток
1	164	160	190	56	50
2	228	120	150	69	56
3	124	198	196	50	50

Характеристики используемого целлюлазного препарата и условия проведения биообработки льняных материалов описаны в предыдущем сообщении [16]. Для всех экспериментов использовали растворы с постоянным уровнем активности целлюлазы $A = 30$ ед./мл.

Биообработке подвергали образцы тканей с последующим проведением операций стачивания, а также образцы с предварительно выполненными швами.

Ниточное соединение образцов проводили на универсальной швейной машине челночного стежка DDL 8700 JUKI. Все швы выполнены одними нитками (хлопколавсановые №44ЛХ), одним типом стежка (стачивающий челночный) с одинаковой частотой (4 стежка в 1 см).

Пробы для швов выкраивали под разным углом к долевному направлению ткани:

- вдоль нитей основы (продольный шов);
- 90° к нитям основы (поперечный шов);
- 45° к нитям основы (диагональный шов).

Для достоверной оценки влияния швов на увеличение жесткости рассмотрены как одиночные швы, так и сложное соединение, включающее два шва.

Показатель жесткости швов измерен по аналогии с испытаниями образцов исследуемых льняных тканей консольным методом на приборе ПТ-2 в соответствии с ГОСТ 10550-93. Корректность условий проведения измерений вытекает из общеупотребительной практики применения консольного

метода для оценки жесткости многослойных пакетов, в которых основная ткань дублирована прокладочными материалами.

Результаты и обсуждение

В табл. 2 представлены результаты анализа жесткости тканей в исходном состоянии EI_0 и после их ферментативного умягчения EI_s .

Т а б л и ц а 2

№ п/п	Направление	Жесткость ткани, мН·см ²			δEI_s , %
		EI_0	EI_s	EI_s^*	
1	основа	40,2	25,4	26,5	-4,2
	уток	25,8	17,4	17,0	2,4
	диагональ	30,9	21,4	20,3	-5,4
2	основа	52,7	36,4	34,7	4,9
	уток	36,8	25,6	24,2	5,8
	диагональ	22,2	16,7	14,6	15,8
3	основа	9,1	5,7	6,0	-5,0
	уток	18,1	12,2	11,9	2,5
	диагональ	10,1	5,9	6,6	-10,6

Там же приведены расчетные значения жесткости умягченных образцов EI_s^* , которые определены с применением предложенной в работе [16] модели для описания эффективности биомодификации льняных тканей при варьировании каталитической активности целлюлазы A (ед./мл):

$$EI_s^* = EI_0(1 - 0,0059A - 0,0002A^2). \quad (1)$$

Для сопоставления экспериментальных и расчетных значений определяли величину относительного отклонения δEI_s :

$$\delta EI_s = \frac{EI_s - EI_s^*}{EI_s^*} \times 100\%. \quad (2)$$

Совокупность полученных результатов подтверждает хорошую прогностическую способность корреляционного соотношения (1). Для базовых направлений по нитям основы и утка величина δEI_s находится в интервале от -5,0% до +5,8%. Испытание образцов, выкроенных в диагональном направлении, дает более существенные отклонения между значениями EI_s^* и EI_s . По-видимому, это связано с более сложным механизмом диагональной деформации пробы полотняного переплетения, включающей изменение взаимной ориентации нитей утка и основы. Тем не менее эти данные могут быть использованы для сопоставления с показателями образцов, соединенных диагональными швами. Наличие шва стабилизирует перпендикулярность переплетения нитей.

Полный объем экспериментальных исследований включает анализ 26 конструкций соединительных и краевых ниточных швов. При выборе конструкций швов и технологических припусков на обработку учитывали особенности поузловой обработки легкой одежды, осыпаемость тканей (открытые срезы обметывали машинным цепным стежком), покрой и силуэт одежды, долевое направление в деталях кроя одежды.

В табл. 3 представлены результаты измерений жесткости швов ($EI_{ш}$, мН·см²), выполненных для образцов исходных неумягченных тканей с использованием восьми наиболее часто употребляемых конструкций ниточного соединения.

Т а б л и ц а 3

№ шва	Конструкция шва	$EI_{ш}$, мН·см ² для тканей			EI^* (отн.ед.) для тканей			Группа швов
		1	2	3	1	2	3	
1	Обтачной продольный	1854	2350	309	46,1	44,6	34,0	I – каркасные $EI^* > 30$
2	Обтачной с отделочной строчкой поперечный	1257	1905	898	48,7	51,8	49,6	
3	Настрочной поперечный	1128	1365	618	43,7	37,1	34,1	
4	Стачной вразутюжку продольный	858	1253	188	21,3	23,8	20,7	II – средней жесткости $EI^* = 20 \dots 30$
5	Стачной вразутюжку продольный	1204	1553	225	29,9	29,5	24,7	
6	Обтачной диагональный	624	642	212	20,2	28,9	21,0	
7	Стачной вразутюжку диагональный	225	346	165	7,3	15,6	16,3	III – мягкие $EI^* < 20$
8	Вподгибку диагональный	433	412	199	14,0	18,6	19,7	

Полученные данные демонстрируют многократное увеличение уровня жесткости в зоне ниточного соединения, характерное для всех разновидностей шва. Из соотношения значений жесткости шва и жесткости ткани по направлению шва рассчитана величина относительного показателя приведенной жесткости шва EI^* . Из расчетных данных (см. табл. 3) следует, что швы различной конструкции по-разному влияют на соотношение жесткости и величина показателя EI^* варьирует в широком диапазоне: от 7,3 до 51,8 отн. ед.

Известно, что на жесткость шва, кроме жесткости ткани, влияют также толщина ткани и число ее слоев в шве, число строчек, тип и частота стежка, количество и вид нитей в стежке. Поскольку все швы были выполнены одними нитками, одним типом стежка с одинаковой частотой, основными факторами, влияющими на жесткость шва в данном эксперименте, являются число слоев ткани в шве (N_T) и количество строчек (N_C). По всем 26 конструкциям швов получено уравнение регрессии, описывающее зависимость приведенной жесткости EI^* от указанных характеристик шва и величины поверхностной плотности ткани (P , г/м²):

$$EI^* = 0,088P + 2,73N_T + 8,4N_C; R^2 = 0,9025. (3)$$

Высокий уровень коэффициента детерминации R^2 для совокупности эмпирических данных свидетельствует о достоверности описания нарастающей жесткости в зоне шва под влиянием исследуемых факторов.

По величине приведенной жесткости швы подразделены на 3 группы:

I – каркасные (приведенная жесткость составляет более 30 отн. ед. для всех тканей);

III – мягкие (увеличение жесткости не превышает 20 раз для всех тканей);

II – средней жесткости (промежуточный диапазон EI^*).

К группе I относятся, в частности, настрочной и обтачной швы, расположенные вдоль нити основы или утка (см. табл. 3). Стачные диагональные швы попадают в группу III.

При подготовке полуфабрикатов и окончательной сборке готового изделия

возможно комбинированное использование вариантов, предусматривающих проведение биообработки индивидуальных деталей кроя или выполнение перед мягчением комплекса операций обработки внутренних срезов и стачивания узлов. Кроме того, с учетом свойств материала часть деталей может использоваться на стадии монтажа изделия без дополнительного мягчения. В связи с этим проведено сопоставление изменения жесткости швов для двух серий образцов с варьируемой последовательностью операций мягчения и стачивания материала. В табл. 4 продемонстрировано влияние режимов умягчающей обработки на жесткость швов (режим А – стачивание до мягчения; режим Б – стачивание после мягчения). Сохранены принятые в табл. 3 номера швов и их принадлежность к соответствующей группе.

Таблица 4

Группа швов	№ шва	Режим операций	$EI_{ш}$, мН·см ² для тканей		
			1	2	3
I	2	А	261	356	153
		Б	391	596	183
	3	А	235	297	119
		Б	276	354	168
II	4	А	88	98	19
		Б	234	205	26
	6	А	62	77	26
		Б	146	168	51
III	7	А	46	52	19
		Б	86	82	26
	8	А	65	96	34
		Б	155	196	61

В сопоставлении с уровнем жесткости швов из неумягченных тканей (см. табл. 3) наибольшие изменения в абсолютных значениях $EI_{ш}$ наблюдаются при мягчении образцов, предварительно соединенных швами гр. I (каркасные). Вместе с тем в относительном выражении эта группа швов показала наименьшую эффективность снижения жесткости: 4,6–5,9 раза. Для группы мягких швов (гр. III) при минимальных изменениях абсолютных значений $EI_{ш}$ относительное снижение жесткости составляет 4,9–8,7 раза. Максимум относительных изменений показателя (в 8,2–12,8 раза) дает биообработка узлов со швами средней жесткости.

Смена последовательности проведения операций на режим Б в целом уменьшает

амплитуду изменений жесткости шва в 1,4–2,6 раза. Наиболее резко это проявляется для мягких швов (гр. III): относительное снижение показателя $EI_{ш}$ сокращается до 2,1–4,2 раза. В группе каркасных швов (гр. I) колебания абсолютных значений $EI_{ш}$ наименее существенны, но в относительном выражении к уровню базовых образцов жесткость шва понижается в 3,2–4,9 раза. Стачивание умягченных образцов швами средней жесткости (гр. II) обеспечивает снижение $EI_{ш}$ в 4,1–7,2 раза.

Т а б л и ц а 5

Группа швов	№ шва	Режим операций	EI^* (отн. ед.) для тканей		
			1	2	3
I	2	A	15,0	13,9	12,5
		B	22,5	23,3	15,0
	3	A	13,5	11,6	9,8
		B	15,9	13,8	13,8
II	4	A	3,5	2,7	3,3
		B	9,2	5,6	4,6
	6	A	2,9	4,6	4,4
		B	6,8	10,1	8,6
III	7	A	2,1	3,1	3,2
		B	4,0	4,9	4,4
	8	A	3,0	5,7	5,8
		B	7,2	11,7	10,3

В практическом аспекте несомненный интерес представляют данные о влиянии условий умягчающей отделки на величину приведенной жесткости формируемых швов EI^* (табл. 5).

Результаты свидетельствуют о широких технологических возможностях регулируемого уменьшения различий жесткости мест ниточного соединения и прилегающих участков ткани. Исходные гигантские перепады жесткости удается сократить с применением модификации по режиму А в 3,2–8,6 раза, что очень важно, например, для создания изделий мягкопластичной объемной формы. В то же время стачивание умягченных материалов в меньшей степени снижает величину приведенной жесткости шва (в 2,2–4,5 раза), обеспечивая тем самым возможность выполнения швами их формообразующих функций.

Используя зависимости (1) и (3), получаем соотношение для прогнозирования с достаточной для практики точностью величины $EI_{ш}$ в умягченных материалах:

$$EI_{ш} = EI_0(1 - 0,0059A - 0,0002A^2) \frac{0,088P + 2,73N_T + 8,4N_C}{k} \quad (4)$$

Уравнение (4) применимо и для проектирования свойств ниточных соединений из исходных материалов. В этом случае значение показателя активности целлюлаз $A = 0$ и коэффициент, понижающий жесткость шва, $k = 1$. Из совокупности полученных эмпирических данных следует, что величина понижающего коэффициента k имеет следующие значения для соответствующей группы шва и используемой последовательности операций (режима мягчения):

- режим А: гр. I – 3,6±0,4; гр. II – 6,8±2; гр. III – 4,2±0,9;
- режим Б: гр. I – 2,7±0,5; гр. II – 3,2±1,3; гр. III – 2,4±1,1.

С учетом показанного в работе [16] подразделения условных зон в конструкции женского платья для проектирования уровня жесткости зоны $EI_{зоны}$ и выбора предпочтительных режимов биомодификации полуфабрикатов можно использовать следующее уравнение:

$$EI_{зоны} = \frac{EI_m S_m + \sum EI_{ш} S_{ш}}{100} \quad (5)$$

где EI_m – средняя жесткость ткани в направлении основы и утка, $\text{мН} \cdot \text{см}^2$; S_m – доля площади участка без швов, %; $EI_{ш}$ – жесткость участка со швом определенной конструкции, $\text{мН} \cdot \text{см}^2$; $S_{ш}$ – доля площади участка со швом данной конструкции, %; Σ – сумма всех швов на участке.

В Ы В О Д Ы

Получено экспериментальное обоснование новых возможностей для расширения модельного ряда одежды, выпускаемой из базового ассортимента тканей, за счет реализации регулируемых эффектов биомодификации узлов и деталей изделия.

С применением дополнительного числа льняных тканей подтверждена работоспособность модели, описывающей снижение их жесткости при варьировании активности целлюлазы в растворе для биомягчения.

По результатам анализа устойчивости к изгибу 26 конструкций соединительных и краевых ниточных швов получено соотношение для проектирования показателя приведенной жесткости шва с учетом поверхностной плотности ткани, числа ее слоев в шве и количества строчек. По величине показателя приведенной жесткости проведено подразделение швов на 3 группы: каркасные, мягкие и средней жесткости.

Технологический режим, включающий стачивание деталей и биообработку полуфабриката, обеспечивает умягчение швов в 1,2...2,6 раза лучше, чем выполнение швов после мягчения деталей кроя. Предложены соотношения для расчета жесткости шва исходя из характеристик исходной ткани, конструкции шва и порядка выполнения операций, а также для расчета жесткости зоны швейного изделия с учетом совокупности конструктивных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология швейных изделий / под ред. Е.Х. Меликова, Е.Г. Андреевой. М.: КолосС, 2013. 519 с.
2. Ukey P., Kadole P.V. Effect of Seam Formation on Draping Quality of the Stitched Fabric // Adv. Res. Text. Eng. 2016, 1, 2. 1011.
3. Avadanei M., Vatra A.-D., Rosca M. The influence of body biomechanics on the geometry of clothing patterns // Communications in development and assembling of textile products. 2023, 4, 2. P. 231...241. – <https://doi.org/10.25367/cdatp.2023.4.p231-241>.
4. Choudhary A.K., Goel A. Effect of some fabric and sewing conditions on apparel seam characteristics // Journal of Textiles. – 2013, 4. P. 1...7. – <https://doi.org/10.1177/155892501501000201>.
5. Singothu J., Amsamani S. Influence of fabric type on seam performance – A review // IJITEE. 2021, 10, 5. P. 27...29. – <https://doi.org/10.35940/ijitee.E8618.0210421>.
6. Hu J., Chung S. Bending behavior of woven fabrics with vertical seams // Text. Res. J. 2000, 70, 2. P. 148...153. – <https://doi.org/10.1177/004051750007000210>.
7. Замышляева В.В., Смирнова Н.А., Волкова С.В. и др. Исследование влияния ниточных соединений на показатели формоустойчивости пакетов одежды // Изв. вузов. Технология текст. промышленности. 2014. № 5. С. 8...12.

8. Kara S. Comparison of sewn fabric bending rigidities obtained by heart loop method: Effects of different stitching types and seam directions // Ind. Textila. 2020, 71, 2. P. 105...111. – <https://doi.org/10.35530/IT.071.02.1647>.

9. Megeid Z.A., Ezzat M.M., Elzaki G.M. Studying the bending stiffness of polyester/linen fabric seams with different structures // Int. J. Chemtech Res. 2016, 9, 4. P. 1...6.

10. Bhavesh R., Madhuri K., Sujit G. et al. Effect of sewing parameters on seam strength and seam efficiency // TTEFT. 2018, 4, 1. P. 398...401. – <https://doi.org/10.31031/TTEFT.2018.04.000577>.

11. Bharani M., Shiyamaladevi P.S.S., Gowda M.R.V. Characterization of seam strength and seam slippage on cotton fabric with woven structures and finish // RJES. 2012, 1, 2. P. 41...50.

12. Замышляева В.В., Смирнова Н.А. Определение влияния швов на характеристики изгиба и сдвига костюмных тканей // Изв. вузов. Технология текст. промышленности. 2016. № 1. С. 39...42.

13. Koksharov S.A., Bikbulatova A.A., Kornilova N.L. et al. Justification of an approach to cellulases application in enzymatic softening of linen fabrics and clothing // Text. Res. J. 2022, 92, 21-22. P. 4208...4229. – <http://dx.doi.org/10.1177/00405175221101018>.

14. Алеева С.В., Лепилова О.В., Кокшаров С.А. и др. Ферментативная умягчающая обработка льняных изделий: воздействие целлюлаз в структуре набухшего волокна // Изв. вузов. Технология текст. промышленности. 2022. № 5. С. 126...134. – http://doi.org/10.47367/0021-3497_2022_5_126.

15. Алеева С.В., Лепилова О.В., Кокшаров С.А. и др. Подбор целлюлаз для умягчающей обработки льняных изделий пропиткой растворами биопрепаратов // Изв. вузов. Технология текст. промышленности. 2022. № 6. С. 98...105. – http://doi.org/10.47367/0021-3497_2022_6_98

16. Алеева С.В., Радченко О.В., Кокшаров С.А. и др. Применение ферментативного мягчения в производстве льняных изделий платьево-блузочного ассортимента // Изв. вузов. Технология текст. промышленности. 2023. № 5. С. 155...163. – http://doi.org/10.47367/0021-3497_2023_5_155.

REFERENCES

1. Technology of sewing products / Edited by E.Kh. Melikov and E. G. Andreeva. M.: KolosS, 2013. 519 p.
2. Ukey P., Kadole P.V. Effect of Seam Formation on Draping Quality of the Stitched Fabric // Adv. Res. Text. Eng. 2016, 1, 2. 1011.
3. Avadanei M., Vatra A.-D., Rosca M. The influence of body biomechanics on the geometry of clothing patterns // Communications in development and assembling of textile products. 2023, 4, 2. P. 231...241. – <https://doi.org/10.25367/cdatp.2023.4.p.231...241>.
4. Choudhary A.K., Goel A. Effect of some fabric and sewing conditions on apparel seam characteristics //

Journal of Textiles. 2013, 4. P. 1...7. – <https://doi.org/10.1177/155892501501000201>.

5. *Singothu J., Amsamani S.* Influence of fabric type on seam performance – A review // *IJITEE*. – 2021, 10, 5. P. 27...29. – <https://doi.org/10.35940/ijitee.E8618.0210421>

6. *Hu J., Chung S.* Bending behavior of woven fabrics with vertical seams // *Text. Res. J.* 2000, 70, 2. P. 148...153. – <https://doi.org/10.1177/004051750007000210>.

7. *Zamyshlyayeva V.V., Smirnova N.A., Volkova S.V. et al.* Research of thread connections on indicators of shape stability package clothes // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2014, 353, 5. P. 8...12.

8. *Kara S.* Comparison of sewn fabric bending rigidities obtained by heart loop method: Effects of different stitching types and seam directions // *Ind. Textila*. 2020, 71, 2. P. 105...111. – <https://doi.org/10.35530/IT.071.02.1647>.

9. *Megeid Z.A., Ezzat M.M., Elzaki G.M.* Studying the bending stiffness of polyester/linen fabric seams with different structures // *Int. J. Chemtech Res.* 2016, 9, 4. P. 1...6.

10. *Bhaves R., Madhuri K., Sujit G. et al.* Effect of sewing parameters on seam strength and seam efficiency // *TTEFT*. 2018, 4, 1. P. 398...401. – <https://doi.org/10.31031/TTEFT.2018.04.000577>

11. *Bharani M., Shiyamaladevi P.S.S., Gowda M.R.V.* Characterization of seam strength and seam slippage on cotton fabric with woven structures and finish // *RJES*. 2012, 1, 2. P. 41...50.

12. *Zamyshlyayeva V.V., Smirnova N.A.* Definition of the influence of the seams on characteristics of bending and shear of costume fabrics // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2016, 361, 1. P. 39...42.

13. *Koksharov S.A., Bikbulatova A.A., Kornilova N.L. et al.* Justification of an approach to cellulases application in enzymatic softening of linen fabrics and clothing // *Text. Res. J* 2022, 92, 21-22. P. 4208...4229. – <http://dx.doi.org/10.1177/00405175221101018>.

14. *Aleeva S.V., Lepilova O.V., Koksharov S.A. et al.* Enzymative softening treatment of linen products: The impact of cellulases in the structure of a sweet fiber // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2022, 401, 5. P. 126...134. – http://dx.doi.org/10.47367/0021-3497_2022_5_126

15. *Aleeva S.V., Lepilova O.V., Koksharov S.A. et al.* Selection of cellulases for impregnation of linen textile to perform the softening treatment // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2022, 402, 6. P. 98...105. – http://dx.doi.org/10.47367/0021-3497_2022_6_98

16. *Aleeva S.V., Radchenko O.V., Koksharov S.A. et al.* The use of enzymatic softening in the production of linen dresses and blouses // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2023, 407, 5. P. 155...163. – http://dx.doi.org/10.47367/0021-3497_2023_5_155.

Рекомендована НОЦ «Центр компетенций текстильной и легкой промышленности» ИВГПУ. Поступила 26.09.23.