

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
СБОРКИ ЗАГОТОВКИ ВЕРХА ОБУВИ ИЗ ВОЙЛОКА**

**MODELING OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS FOR ASSEMBLY  
OF FELT SHOES UPPER**

*И.Н. ЛЕДЕНЕВА, В.В. КОСТЫЛЕВА, Н.В. ЧУГУЙ, И.А. МАКСИМОВА, Е.В. ЛИТВИН*

*I.N. LEDENEVA, V.V. KOSTYLEVA, N.V. CHUGUI, I.A. MAKSIMOVA, E.V. LITVIN*

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(The Kosygin State University of Russia)

E-mail: ledeneva-in@rguk.ru

*Недостаток исследований и изученности факторов, оказывающих воздействие на ниточные соединения деталей обуви из войлока, приводит к тому, что готовые изделия имеют низкие показатели качества по сравнению с цельноформованными аналогами. В работе проанализировано влияние на показатели свойств обуви и собственно ниточных соединений следующих технологических факторов: вида ниток, шага стежка, количества нитей в шве, наличия герметика и тесьмы при стачивании деталей. Для оценки результатов исследований использованы методы математической статистики и математического моделирования. Математическое моделирование реализовано на основе дисперсионного анализа факторов, влияющих на качество ниточных соединений. В результате проверки гипотезы о зависимости прочности, разрывного удлинения, термического сопротивления и коэффициента теплопроводности от указанных факторов и их сочетаний установлено, что отдельные из них практически не отражаются на исследуемых показателях свойств обуви. Выявлено, что эффект взаимодействия появляется тогда, когда одновременно варьируются два или более фактора, при этом действие одного из них зависит от уровня значимости другого.*

*The lack of research and knowledge of the factors affecting the thread connections of felt shoe parts lead to the fact that finished products have low quality indicators compared to solid-molded analogues. The paper analyzes the influence of the following technological factors on the properties of shoes and the actual thread connections: the type of thread, the stitch pitch, the number of threads in the seam, the presence of sealant and braid when stitching parts. Methods of mathematical statistics and mathematical modeling were used to evaluate the research results. Mathematical modeling is implemented on the basis of a factor analysis of variance of factors affecting the quality of thread connections. As a result of testing the hypothesis about the dependence of strength, elongation at break, thermal resistance and thermal conductivity coefficient on these factors and their combinations, it was established that some of them have practically no effect on the studied indicators of shoe properties. It has been revealed that the interaction effect appears when two or more factors vary simultaneously, while the effect of one of them depends on the level of significance of the other.*

**Ключевые слова:** математическое моделирование, обувной войлок, плоский шов, герметик, дисперсионный анализ.

**Keywords:** mathematical modeling, shoe felt, flat seam, sealant, variance analysis.

### *Введение*

Сборка деталей верха в заготовку является одним из ответственных и сложных технологических этапов. Традиционно детали верха обуви в заготовку собирают ниточным методом.

Стремление к производству качественной обуви привело к необходимости детального изучения и повышения качества ниточного соединения. Недостаток исследований и слабая изученность технологических и эксплуатационных факторов, оказывающих влияние на ниточные соединения войлочной обуви, приводят к тому, что готовые изделия имеют низкие показатели качества по сравнению с цельноформованными аналогами [1].

В этом направлении работали как российские, так и зарубежные ученые. Анализ научных исследований свидетельствует о влиянии различных факторов на качество шва [2...5].

Основное требование к швам обуви из войлока – сохранить плотное прижатие материалов деталей друг к другу в процессе носки изделия без снижения теплозащитных свойств конструкции. Прочность ниточного соединения определяется свойствами войлока и ниток, технологическими и механическими параметрами, режимами скрепления [6].

В проведенных ранее исследованиях оценивалось влияние на прочность ниточных швов технологических параметров сострачивания деталей верха обуви из войлока [7...9]. Так, исследованы образцы обувного войлока (ОСТ 17-531-75), соединенные плоскими 4- и 5-ниточными швами армированными нитками с хлопковой оплеткой марки 44ЛХ (ГОСТ 6309-93), полученными на машине JUKI MF-7723 (Япония) с использованием тесьмы и без нее. По результатам экспериментов предложен способ получения ниточных соединений деталей из войлока, защищенный патентом [10].

Настоящие исследования направлены на изучение показателей свойств материала и ниточных соединений при действии на них различных технологических факторов.

### *Методы исследования*

Для оценки основных статистических характеристик использовали распределение Стьюдента (В.С. Госсета). Определение показателей теплозащитных и деформационно-прочностных свойств связано с проведением косвенных измерений искомой величины, которая является функцией от нескольких величин:  $X=f(x, y, z...)$ .

В исследованиях варьировали следующие параметры:

- вид плоского шва, количество образующих его нитей (4- и 5-ниточные швы);
- состав укрепляющей шов тесьмы ( $T_1, T_2, T_3$ , нет);
- шаг стежка (3, 4, 5 и 6 ст./см);
- наличие/отсутствие обработки шва герметиком.

Математическое моделирование проводилось на основе дисперсионного анализа факторов, влияющих на качество ниточных соединений. Статистическая обработка результатов эксперимента произведена согласно ГОСТ 11.004-74 и ГОСТ 8.207-76, доверительный интервал искомой величины определялся с заданной вероятностью – 0,95 %.

В выборке из  $n$  значений  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  некоторого полученного количественного показателя, в данном случае прочности на разрыв, каждому значению соответствует некоторый качественный признак (фактор), на основании которого общую выборку можно сгруппировать в частные независимые случайные выборки: если фактор  $A$  имеет  $k$  уровней  $A_1, A_2, \dots, A_k$ , то при каждом уровне  $A_j$  фактора,  $j=1, 2, \dots, k$ , имеется  $n_j$  измерений. Предлагаемая методика предназначена для прогнозирования качественных показателей новой конструкции шва – плоского 4- и 5-ниточного при наличии/от-

сутствии обработки герметиком в соединениях деталей верха войлочной обуви.

По результатам выполненной статистической обработки коэффициент вариации изучаемых показателей находится в пределах 1,3-3,6 %, при этом показатель точности для 10 параллельных испытаний не превышает 4,6%.

Далее мы последовательно изучили влияние, оказываемое на отклик, трех качественных признаков: фактор *A*, который имеет *k* уровней (градаций)  $A_1, A_2, \dots, A_k$ , фактор *B*, представленный на *n* уровнях  $B_1, \dots, B_n$ , и фактор *C* – на *m* уровнях  $C_1, \dots, C_m$ .

Проведенная проверка гипотезы о принадлежности всех выборок одной генеральной совокупности показала, что расхождение наблюдаемых показателей при разных значениях факторов связано со случайными обстоятельствами или анизотропной структурой испытываемого материала. При этом если нулевая гипотеза отвергается, то необходимо оценить степень влияния каждого фактора и их взаимодействия на исследуемый показатель. В рамках этой задачи

изучено влияние на количественный результат измерения того или иного фактора, который имеет принципиально нечисловую природу и измерен в шкале наименований («вид шва», наличие тесьмы «Т<sub>1</sub>», «Т<sub>2</sub>», «Т<sub>3</sub>» и «нет», шаг «3», «4», «5» и «6»). Единая методика заключается в разложении общего диапазона изменчивости–совокупности результатов наблюдения на частные, обусловленные воздействием отдельных факторов и их комбинаций, и остаточную вариацию, обусловленную случайными причинами.

#### Результаты и их обсуждение

Для разработки рекомендаций и прогнозирования показателей качества ниточных плоскошовных соединений деталей верха обуви из войлока, а также выявления оптимального сочетания взаимозависимых факторов проведена математическая обработка полученных в ходе экспериментов данных. Фрагмент таблицы факторов, влияющих на деформационно-прочностные и теплозащитные свойства заготовок, соединенных плоским 4-ниточным швом нитками 44 ЛХ, представлен в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Наличие герметика	Шаг	P, кН	L, мм	$\lambda$ , Вт/(мК)	R, м <sup>2</sup> К/Вт
+	3	1,26	45	0,087	0,031
	4	0,99	41	0,057	0,042
	5	1,84	42	0,091	0,030
	6	1,37	43	0,116	0,027
–	3	0,84	40	0,143	0,016
	4	0,99	38	0,087	0,031
	5	1,20	37	0,057	0,042
	6	1,30	36	0,091	0,030

На рис. 1 – 4 графически представлено влияние тесьмы (а), герметика (б), шага стежка (в) на прочность на разрыв (рис. 1), разрывное удлинение (рис. 2), коэффициент теплопроводности (рис. 3), термическое сопротивление (рис. 4).

Полученные результаты статистической обработки данных, характеризующих изменения показателей деформационно-прочностных и теплозащитных свойств каждого варианта сочетания технологических факторов, влияющих на качество ниточных соединений, представлены в табл. 2.

Из таблицы видно, что на 5%-м уровне значимости нулевую гипотезу об отсут-

ствии влияния факторов «обработки швов тесьмой» и «вида ниток» следует принять. На 47,7%-м – разброс обусловлен действием этих факторов и на 18,5%-м – действием неучтенных факторов. В результате проверки гипотезы о влиянии на прочность, разрывное удлинение, термическое сопротивление и коэффициент теплопроводности указанных факторов и их сочетаний трехфакторным дисперсионным анализом получили:

1) вид шва (А) не влияет на вышеперечисленные показатели свойств;

2) шаг стежка (варианты: 3, 4, 5, 6 ст./см) (В) не влияет;

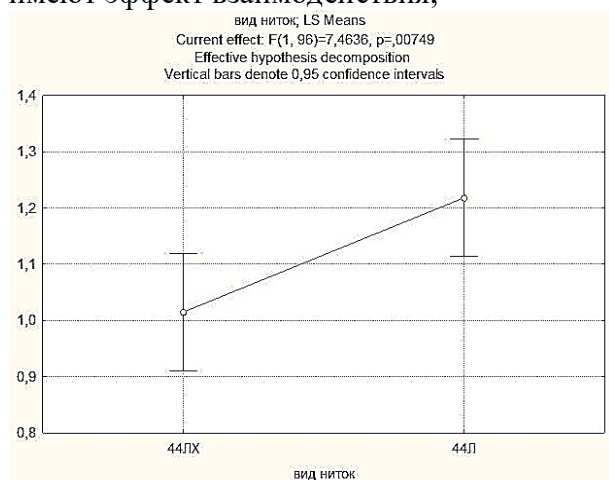
3) обработка герметиком (варианты: «да» или «нет») (С) не влияет;

4) вид шва + шаг стежка (АВ) имеют эффект взаимодействия;

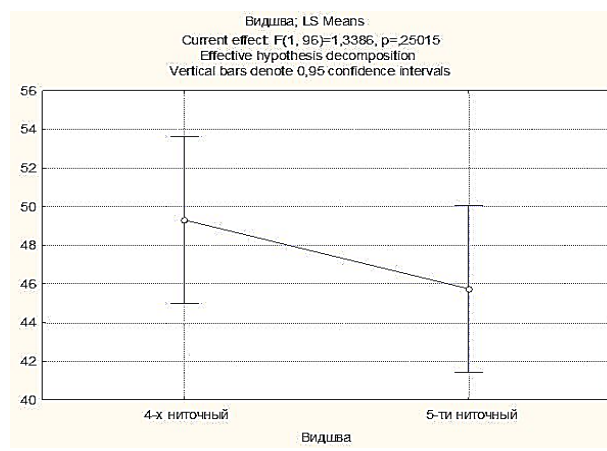
5) вид шва + обработка герметиком (АС) имеют эффект взаимодействия;

6) шаг стежка + обработка герметиком (ВС) имеют эффект взаимодействия;

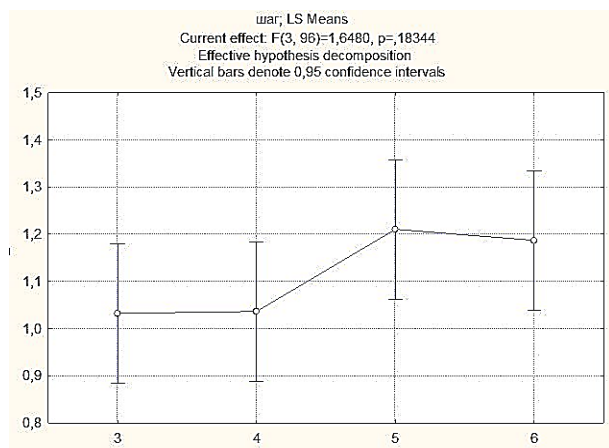
7) вид шва + шаг стежка + обработка герметиком (АВС) имеют эффект взаимодействия.



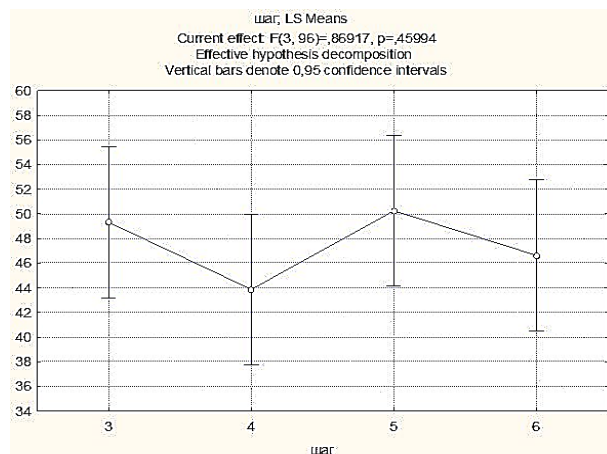
а)



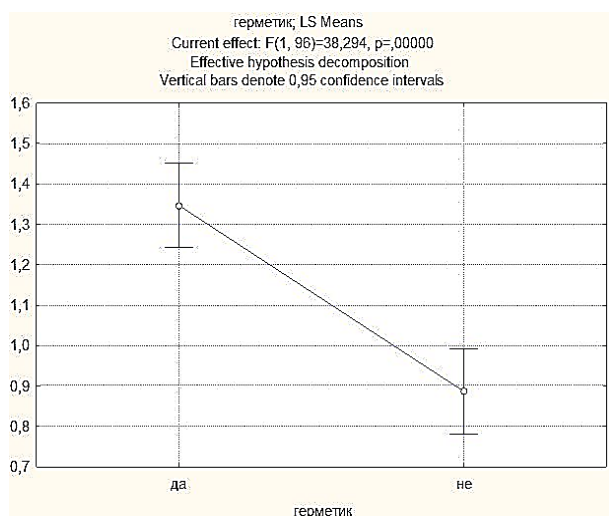
а)



б)

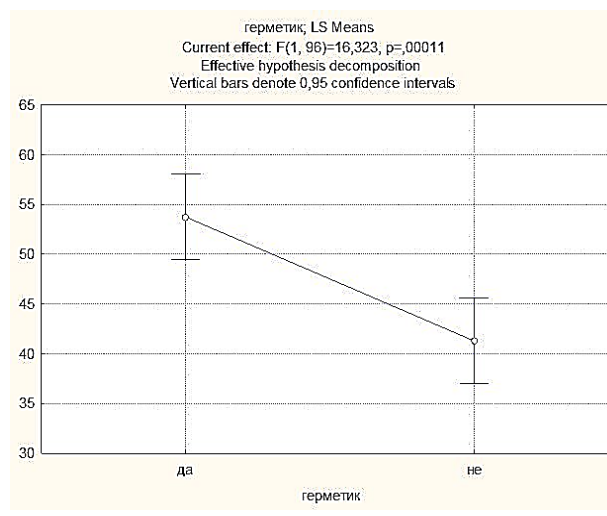


б)



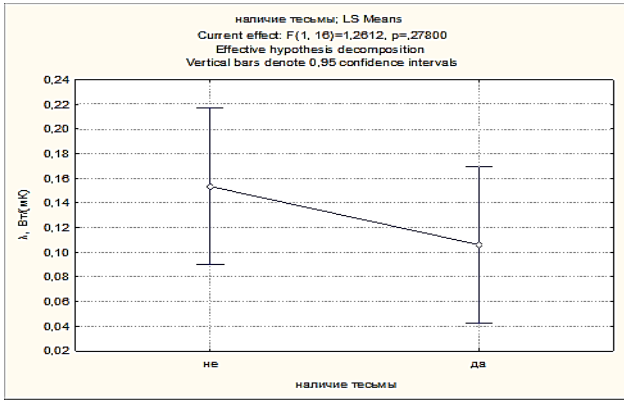
в)

Рис. 1

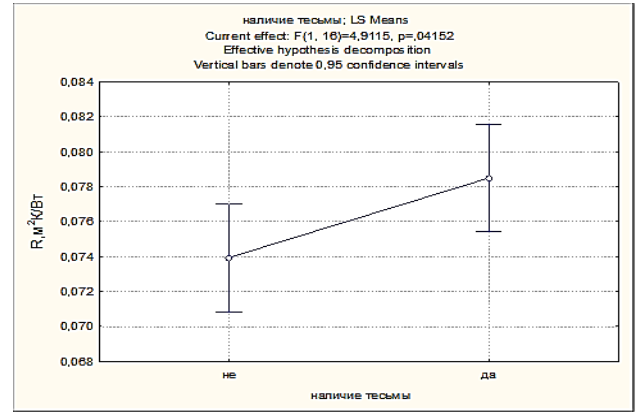


в)

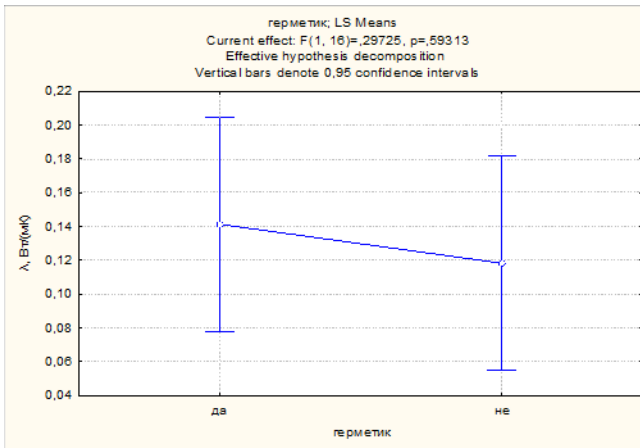
Рис. 2



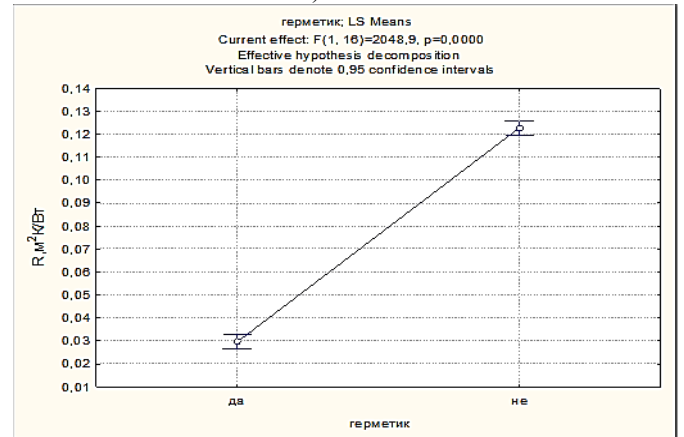
а)



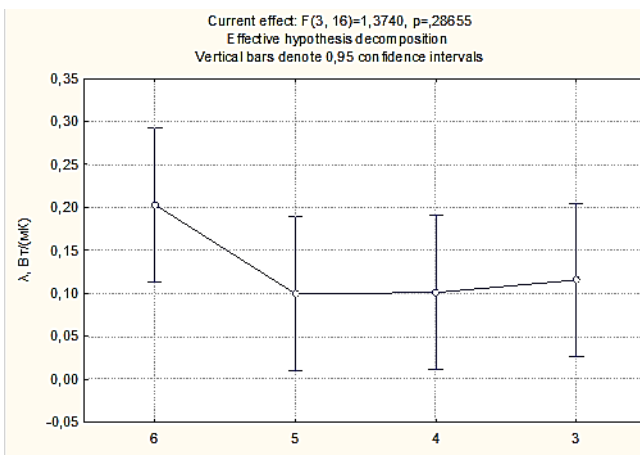
а)



б)

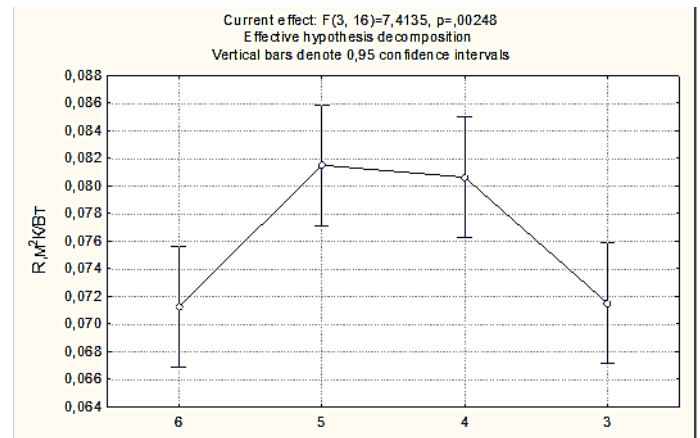


б)



в)

Рис. 3



в)

Рис. 4

Таблица 2

Вариация	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	F <sub>факт</sub>	F <sub>табл</sub>	Влияние источников вариации, %
Количество: повторений	35,348133	47	-	-	-	33,7250214
вариантов	50,000290	7	7,14289856	120,734215	2	47,7043839
Случайное	19,464355	329	0,05916217	-	-	18,5705929
Общее	104,812770	383	-	-	-	100

Таблица 3

Источник вариации	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{табл}}$	Влияние факторов, %
Факторы:						
А	3,3	1,0	3,3	55,7	3,9	3,1
В	4,0	1,0	4,0	67,0	3,9	3,8
С	20,3	1,0	20,3	343,5	3,9	19,4
Взаимодействие факторов:						
АВ	6,5	1,0	6,5	109,3	3,9	6,2
АС	4,2	1,0	4,2	71,6	3,9	4,0
ВС	4,2	1,0	4,2	70,4	3,9	4,0
АВС	7,6	1,0	7,6	127,7	3,9	7,2

Отметим, что эффект взаимодействия факторов появляется каждый раз, когда одновременно варьируются два или более фактора и действие одного из них зависит от уровня, на котором находится другой. Например, взаимодействие «вид шва + шаг стежка» служит мерой того, насколько влияние фактора «вид шва» зависит от фактора «шаг стежка» и наоборот. Таким образом, математическая обработка экспериментальных данных показала, что наибольшее влияние оказывает фактор С: «обработка герметиком» и «вид шва + шаг стежка + обработка герметиком», а также их взаимодействие.

Анализ графически представленных зависимостей деформационно-прочностных и теплозащитных свойств заготовок верха войлочной обуви позволил установить, что наибольший показатель термического сопротивления наблюдается у 5-ниточных плоских швов с тесьмой при частоте строчки 4 ст./см, а наименьший – при сострачивании образцов 4-ниточным плоским швом без использования тесьмы при частоте строчки 6 ст./см. В целом показатели термического сопротивления образцов, укрепленных тесьмой, на 20-24 % больше по сравнению с неукрепленными. Разброс данных колеблется в диапазоне от 0,017 до 0,042 м<sup>2</sup>\*К/Вт.

## ВЫВОДЫ

Эффективным методом решения задач при проектировании качественной, отличаю-

щейся долговечностью, теплозащитными свойствами обуви является математическое моделирование. Математическая модель состояния ниточного соединения позволяет провести уточненный расчет показателей качества соединений, изучить динамику их изменения с учетом влияния разнообразных технологических и эксплуатационных факторов, определить значимость каждого отдельно, а также оценить их взаимовлияние.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Калугина И.А., Леденева И.Н. Совершенствование классификации факторов, влияющих на качество ниточного соединения в заготовке верха обуви // Дизайн и технологии. 2012. № 31(73). С. 20...25.
2. Бондаренко Л.И., Метелева О.В. Обеспечение комплекса защитных свойств соединений спецодежды // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2020. № 1(385). С. 184...188.
3. Сурикова М.В., Метелева О.В., Коваленко Е.И. Повышение эффективности соединения материалов с разнородными свойствами // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2010. № 2(323). С. 95...98.
4. Oliver G., Gil P., Gomez J.F., Torres F. Towards footwear manufacturing 4.0: shoe sole robotic grasping in assembling operations // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2021. Т. 114. Pp. 811...827.
5. Thi Hong Hanh Le, Minh Khai, Hai Ba Trung, Ha Noi. The Influence of Sewing Thread to the Seam Wrinkle // Case Studies Journal. 2020. Vol. 9. Pp. 111...118.
6. Леденева И.Н., Калугина И.А. Технологические параметры образования плоского шва, влияющие на качество ниточного соединения заготовки верха обуви из войлока // Сербия, Белград. Текстильная индустрия. 2013. № 2. С. 26...28.

7. *Леденева И.Н., Леденев М.О.* О теплозащитных свойствах ниточных швов обуви из войлока // *Инновации в одежде и обуви: сб-к ст. / под ред. М. Павловой.* Польша, Радом, 2010. С. 125...128.

8. *Леденев М.О., Леденева И.Н.* Влияние технологии сборки заготовки обуви из войлока на качество ниточных швов // *Дизайн и технологии.* 2011. № 23(65). С. 24...31.

9. *Леденева И.Н., Литвин Е.В., Белгородский В.С., Сницар Л.Р.* Плоскошовные ниточные соединения – решение проблемы прочностных свойств заготовки верха войлочной обуви // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности.* 2022. № 6(402). С. 130...135. – DOI 10.47367/0021-3497\_2022\_6\_130.

10. Пат. RU 2546512 C2. Способ получения ниточных соединений деталей из войлока.

#### REFERENCES

1. *Kalugina I.A., Ledeneva I.N.* Improving the classification of factors affecting the quality of the thread connection in the shoe top blank // *Design and technology.* 2012. № 31(73). P. 20...25.

2. *Bondarenko L.I., Meteleva O.V.* Providing a complex of protective properties special clothing connections // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2020. № 1(385). P. 184...188.

3. *Surikova M.V., Meteleva O.V., Kovalenko E.I.* Improving the efficiency of joining materials with heterogeneous properties // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2010. № 2(323). P. 95...98.

4. *Oliver G., Gil P., Gomez J.F., Torres F.* Towards footwear manufacturing 4.0: shoe sole robotic grasping

in assembly operations // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology.* 2021. Vol. 114. P. 811...827.

5. *Thi Hong Hanh Le, Minh Khai, Hai Ba Trung, Ha Noi.* The Influence of Sewing Thread to the Seam Wrinkle // *Case Studies Journal.* 2020. Vol. 9. Pp. 111...118.

6. *Ledeneva I.N., Kalugina I.A.* Technological parameters of the formation of a flat seam affecting the quality of the thread connection of the felt shoe top blank // *Serbia, Belgrade. Textile industry.* 2013. No. 2. P. 26...28.

7. *Ledeneva I.N., Ledenev M.O.* About the heat-protective properties of the thread seams of felt shoes // *Collection of articles "Innovations in clothing and footwear"*, ed. Maria Pavlova. Poland, Radom 2010. P. 125...128.

8. *Ledenev M.O., Ledeneva I.N.* Influence of technology of assembly of felt shoe blanks on the quality of thread seams // *Design and technology.* 2011. № 23(65). P. 24...31.

9. *Ledeneva I.N., Litvin E.V., Belgorodsky V.S., Snitsar L.R.* Flat-seam thread joints – strength properties problem solution of felt shoe top blank // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* 2022. № 6(402). P. 130...135. – DOI 10.47367/0021-3497\_2022\_6\_130.

10. Пат. RU 2546512 C2. Method for obtaining thread connections of felt parts.

Рекомендована кафедрой художественного моделирования, конструирования и технологии изделий из кожи РГУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 23.05.24.