

**МАТЕРИАЛЫ ШУМОПОГЛОЩАЮЩИХ УСТРОЙСТВ
КАБЛУКОВ ОБУВИ**

**MATERIALS OF SOUNDABSORBING DEVICES
HEEL SHOES**

О.А. БЕЛИЦКАЯ¹, В.В. КОСТЫЛЕВА¹, А.А. ФОКИНА¹, Е.С. РЫКОВА¹, А.Р. СОКОЛОВСКИЙ²

О.А. BELITSKAYA¹, V.V. KOSTYLEVA¹, А.А. FOKINA¹, E.S. RYKOVA¹, А.Р. SOKOLOVSKY²

*(¹Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),
²Новосибирский технологический институт (филиал)
Российского государственного университета им. А.Н. Косыгина (Технология. Дизайн. Искусство))*

*(¹Russian State University named after A.N. Kosygin (Technology. Design. Art),
²Novosibirsk Technological Institute (branch) of Russian State University. A.N. Kosygin
(Technology. Design. Art))*

E-mail: belitskaya-oa@rguk.ru

Шум представляет собой смесь звуков различной частоты, которые раздражают человека, и в настоящее время считается «невидимым» загрязнителем в мире, вызывающим большую озабоченность, особенно в городах. Длительное воздействие шума, будь то в повседневной жизни или на рабочем месте, может вызвать проблемы со здоровьем, такие, как высокое кровяное давление и сердечные заболевания. Шум может отрицательно сказаться на чтении, внимании, решении проблем и памяти. Но как можно решить проблему воздействия шума на окружающую среду? Одно из решения проблемы – снизить уровень децибел (дБ).

В статье установлена актуальность исследования шумопоглощающих характеристик полимерных материалов, используемых в производстве низа обуви. Представлены результаты исследований по применению FLEX пластика для шумопоглощающих насадок на каблуки обуви. При эксплуатации обуви на каблуках с насадками из FLEX пластика на керамограните силовая величина шума уменьшается в 5,6 раза, а на ламинате – в 12,8 раза. Показано, что шумопоглощающие насадки на каблуки позволят снизить уровень шума на рабочих местах и в учреждениях, что положительно скажется на окружающей обстановке.

Noise is a mixture of sounds of various frequencies that irritate humans and is currently considered an "invisible" pollutant in the world, of great concern, especially in cities. Prolonged exposure to noise, whether in daily life or in the workplace, can cause health problems such as high blood pressure and heart disease. Noise can adversely affect reading, attention, problem solving, and memory. But how can the environmental impact of noise be addressed? One solution to the problem is to lower the decibel (dB) level.

The article establishes the relevance of the study of the noise-absorbing characteristics of polymeric materials used in the production of the bottom of shoes. The results of studies on the use of FLEX plastic for noise-absorbing nozzles on shoe heels are presented. When using shoes with heels with nozzles made of FLEX plastic on porcelain stoneware, the power magnitude of the noise decreases by 5.6 times, and on laminate by 12.8 times. It is shown that noise-absorbing heel caps will reduce the noise level in workplaces and institutions, which will positively affect the environment.

Ключевые слова: обувные материалы, полимерные материалы, эластомер, 3D-печать, шумопоглощающая конструкция, обувь, каблуки, шум.

Keywords: shoe materials, polymeric materials, elastomer, 3D printing, noise-absorbing construction, shoes, heels, noise.

Введение

Сильные шумовые воздействия на человека могут привести не только к ухудшению слуха, но и к негативным изменениям в нервной, сердечно-сосудистой системе, нарушению сна, шуму в ушах и раздражения [1].

В различных странах нормируемые параметры, допустимые и предельно допустимые уровни шума установлены как на государственном, так и на муниципальном уровне [2...4]. Регламентируется максимальный уровень звука в классных помещениях, учебных кабинетах, учительских комнатах, аудитории школ и других учебных заведений, конференц-залов и читальных залов библиотек, в кабинетах врачей поликлиник, амбулаториях, диспансерах, больницах, санаториях, а также в палатах больниц и санаториев [5, 6]. В соответствии с ISO [7, 8] определены основные величины, используемые для описания шума в окружающей среде, и методы его оценки.

С дискомфортом, вызванным шумом каблуков обуви, люди сталкиваются постоянно. Это явление не оказывает негативного влияния в местах, где шум способен рассеиваться и сливаться с фоновым. При эксплуатации высококаблуточной обуви в офисе, медицинском или учебном учреждении такой шум приносит дискомфорт

не только окружающим, но и человеку, который носит обувь. Регулярное пребывание с источником шума подобного рода в рабочих условиях способствует оказанию негативного влияния как на общее состояние сотрудников, так и на рабочий процесс.

Приемлемым решением проблемы являются силиконовые насадки на каблуки [9]. Основным методом получения насадок является литье в пресс-формы, что увеличивает себестоимость их производства из-за разнообразия форм каблуков. Использование аддитивных технологий для изготовления силиконовых насадок является перспективным, но все еще развивающимся направлением, требующим специальных 3D-принтеров.

В работе изучена возможность изготовления шумопоглощающей насадки на каблуки обуви из одного из коммерческих пластиков с применением метода 3D-печати.

Методы

Выбор материалов

Анализ современного рынка эластомеров, применяемых для 3D-печати, выявил, что наиболее широко для работы с 3D-принтером применяют следующие пластики: ABS; PLA; PET и PETG; SBS; FLEX; RUBBER [10...17]. В табл. 1 представлена сравнительная характеристика вышеперечисленных пластиков.

Таблица 1

Технические характеристики	Наименования пластиков					
	ABS	PLA	PETG	SBS	FLEX	RUBBER
Температура эксплуатации, °С	-40 +80	-20 +40	-40 +70	-80 +65	-100 +100	-40 +85
Температура стеклования, °С	105	60-65	80	80 -95	-	-
Температура плавления, °С	220	180	222-225	190-210	200-210	230-240
Температура размягчения, °С	~ 103	~ 50	80	76	110	-
Прочность на изгиб, МПа	41,0	55,3	76,1	36,0	5,3	3,4
Прочность на разрыв, МПа	22,0	57,8	36,5	34,0	17,5	-
Прочность на сжатие, МПа	49,3	-	-	-	7,6	2,3
Плотность, г/см ³	1,05	1,25	1,27	1,01	1,10	0,95
Твердость по Шору D	-	-	-	68	40	60
Твердость по Роквеллу R	112	70-90	106	118	-	-

Вязкость по Изоду, кДж/м ²	25,0	-	-	3,5	-	25,0
Точность печати, %	±1,0	± 0,1	± 0,1	± 0,4	± 1,0	-
Влагопоглощение, %	0,45	0,5-50,0	0,12	0,07	0,04	-
Относительное удлинение при разрыве, %	6	4	50	250	600	500
Жесткость, усл. ед.	4	5	-	-	2	3

При сравнении технических характеристик пластиков выяснилось, что пластик FLEX – один из наиболее подходящих для разработки конструкций шумопоглощающих устройств каблуков. Он привлекателен своей прочностью, стойкостью ко многим внешним раздражителям, способностью выдерживать широкий диапазон температур и устойчивостью к воздействию масел, кислот, щелочей и различных растворителей. Мягкость и гибкость материала обеспечит легкость в эксплуатации конструкций шумопоглощающих устройств каблуков, а именно в процессе надевания на каблук и снятия (при необходимости чистки конструкций). Поэтому FLEX выбран в качестве материала для конструкций шумопоглощающих устройств.

Подготовка эксперимента

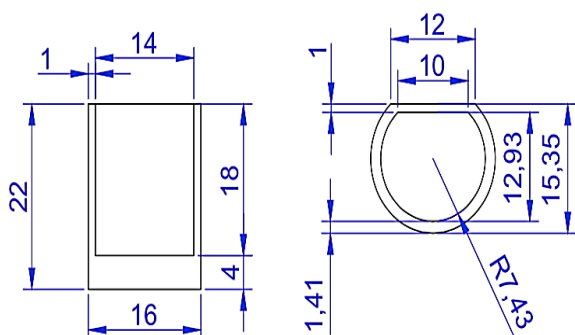


Рис. 1

Для испытаний опытного образца конструкций шумопоглощающих устройств выбраны женские туфли конструкции «лодочки» с высотой приподнятости пяточной части 90 мм, которые производят значительное количество шума при эксплуатации. По конструктивным параметрам каблуков выбранных туфель разработан чертеж шумопоглощающей конструкции (рис. 1).

По чертежу в программном обеспечении спроектирована конструкция шумопоглощающих устройств (рис. 2).

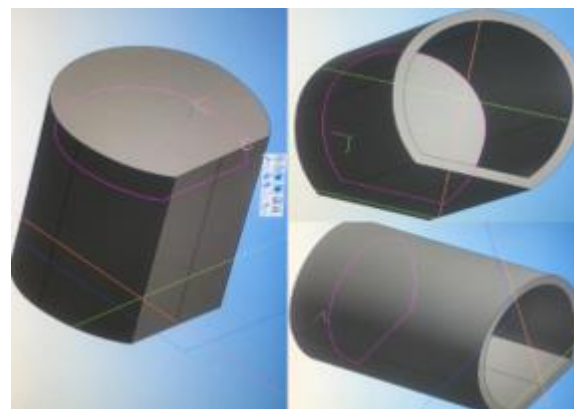


Рис. 2

Далее при помощи аддитивных технологий, которые все чаще используются в обувном производстве [18...20], из материала FLEX изготовлены конструкции шумопоглощающих устройств каблуков (рис. 3).



Рис. 3

Стоит отметить определенные сложности при печати изделий из материала FLEX. Из-за того, что FLEX пластик намного более мягкий и эластичный, чем традиционные для 3D-печати ABS и PLA-филаменты, то экструдер 3D-принтера может «зажевывать» нить пластика либо пруток расплавляется еще до входа в сопло, тем самым забивая его. Программные сложности, как правило, устраняют методом проб и ошибок, подбирая оптимальные параметры печати. Для печати FLEX пластиком на 3D-принтере оптимальная скорость печати – 10-40 мм/с, температура сопла – 220-240°C, температура стола 80-110°C.

Проведение эксперимента

Измерения шума проводились в помещении при эксплуатации туфель одним человеком для исключения влияния веса и особенностей походки на результаты исследований. Длина дорожки для прохода на покрытиях из керамогранита и ламината составляла 3 метра. В процессе эксперимента измерения проводились при ходьбе в туфлях без шумопоглощающей насадки и с шумополощающей насадкой.

Измерения проводились с помощью шумомера Ассистент Total (SIUV3RT) [21] – анализатора спектра 1-го класса точности,

предназначенного для установления уровней звука, звукового давления и частотного анализа в диапазонах звука, инфразвука и ультразвука, уровней виброускорения и частотного анализа в диапазонах общей и локальной вибрации по трем каналам одновременно.

Результаты и обсуждение

При измерении шума в помещении при ходьбе в туфлях с каблуками без насадки и с насадкой на керамограните получены данные, представленные в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Коррекци	Значение, дБ	Min, дБ	Max, дБ	
Каблуки без насадки				
дВА	Eq	60,9	64,2	32,0
	Slow	61,7	48,5	68,0
	Fast	41,7	35,0	75,1
	Impulse	74,6	38,5	80,3
дВС	Eq	66,2	67,5	76,6
	Slow	65,6	52,5	73,1
	Fast	53,7	40,7	79,9
	Impulse	77,4	41,1	85,2
дВZ	Eq	79,4	71,2	81,9
	Slow	73,0	69,1	83,2
	Fast	72,6	43,7	96,4
	Impulse	77,7	45,3	98,6
Каблуки с насадкой				
дВА	Eq	55,9	33,6	32,7
	Slow	37,8	37,8	68,0
	Fast	30,1	26,9	75,1
	Impulse	53,8	38,5	80,3
дВС	Eq	61,5	45,0	77,3
	Slow	45,3	45,3	73,1
	Fast	43,3	40,0	79,9
	Impulse	57,9	41,1	85,2
дВZ	Eq	78,0	71,6	82,9
	Slow	71,5	66,5	84,5
	Fast	63,2	43,7	96,4
	Impulse	72,5	45,3	98,6

Приведены значения при частотных коррекциях А, С, Z в реальном времени с характеристиками Eq (Эквивалент), Slow (Медленно), Fast (Быстро), Impulse (Импульс). Во внимание принята временная характеристика у «Эквивалент», обозначающая звук в «реальном времени» и коррекцию А.

Из табл. 2 видно, что значение уровня шума в туфлях с каблуками без насадки на

керамограните составляет 60,9 дБ. Если рассматривать усреднители, то при «медленном» – 61,7 дБ, при «быстром» – 41,7 дБ, а при «импульсном» – 74,6 дБ.

Значение уровня шума в туфлях с каблуками с насадками составляет 55,9 дБ. Если рассматривать усреднители, то при «медленном» – 37,8 дБ, при «быстром» – 30,1 дБ, при «импульсном» – 53,8 дБ.

В табл. 3 представлены данные при ходьбе в туфлях с каблуками без насадки и с насадкой на ламинате. Значение эквивалентного уровня шума при эксплуатации туфель с каблуками без насадки на лами-

нате составляет 62,8 дБ. Если рассматривать усреднители, то при «медленном» – 56,6 дБ, при «быстром» – 30,0 дБ, а при «импульсном» – 70,9 дБ.

Т а б л и ц а 3

Коррекции	Значение, дБ	Min, дБ	Max, дБ	
Каблуки без насадки				
dBA	Eq	62,8	32,7	32,9
	Slow	56,6	56,6	69,6
	Fast	30	29,3	76
	Impulse	70,9	51	81,1
dBC	Eq	68,1	47,2	77,5
	Slow	60,1	60,1	74,9
	Fast	48,2	43,8	81,6
	Impulse	73,6	59,4	86,9
dBZ	Eq	85,2	74,0	82,8
	Slow	79,3	75,1	92,1
	Fast	85,6	66,6	97,5
	Impulse	88,9	77,1	98,8
Каблуки с насадкой				
dBA	Eq	51,4	46,1	23,6
	Slow	47,0	40,3	60,6
	Fast	36,7	25,9	67,2
	Impulse	59,9	26,7	72,0
dBC	Eq	58,2	51,2	68,2
	Slow	53,1	47,8	67,3
	Fast	42,4	39,4	75,3
	Impulse	63,8	41,7	80,2
dBZ	Eq	67,0	62,2	74,9
	Slow	61,5	57,4	72,9
	Fast	58,3	51,1	76,0
	Impulse	63,9	61,2	80,2

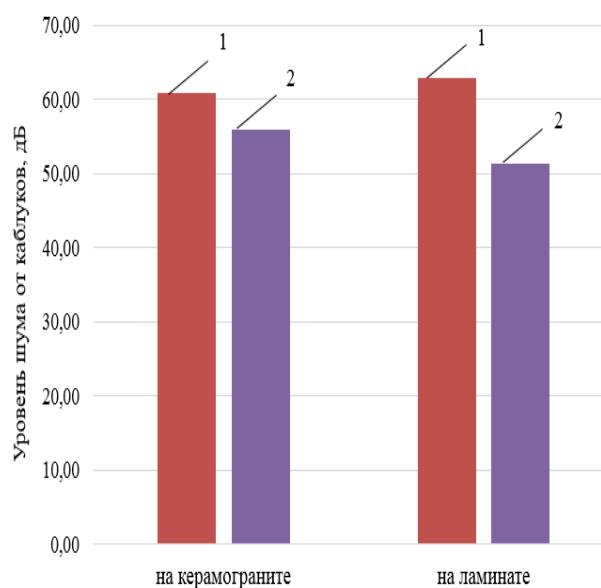


Рис. 4

Значение уровня шума при эксплуатации туфель с каблуками с насадкой на ламинате составляет 51,4 дБ. Если рассматривать усреднители, то при «медленном» – 47,0 дБ, при «быстром» – 36,7 дБ, при «импульсном» – 59,9 дБ.

На рис. 4 приведены результаты измерения шума в помещении при эксплуатации каблучков с насадками и без на ламинате и керамограните.

В ходе измерения выявлено, что в помещении с напольным покрытием керамогранит уровень шума при эксплуатации туфель с каблуками без насадок составляет 60,9 дБ, с насадками – 55,9 дБ. Уровень шума с применением насадок из FLEX пластика на керамограните снижается на 5 дБ.

Уровень шума в помещении с напольным покрытием ламинат при эксплуатации

туфель с каблучками без насадки составляет 62,8 дБ, с насадкой – 51,4 дБ. Выявлено, что насадки из FLEX для каблучков снижают уровень шума при ходьбе по ламинату на 11,4 дБ.

Таким образом, предлагаемые конструкции каблучков лучше проявляют шумопоглощающие свойства на ламинате, чем на керамограните: разница составляет 6,4 дБ при уменьшении силовой величины в 7,2 раза.

ВЫВОДЫ

В результате исследований выявлено, что разработанные насадки из FLEX пластика проявляют шумопоглощающие свойства. Это подтверждает состоятельность предлагаемых технических решений: насадки плотно облегают каблук, при эксплуатации не стаптываются, не расшатываются и не спадают, что является гарантией их износостойкости и ударопрочности.

При эксплуатации обуви на каблучках с насадками из FLEX пластика на керамограните силовая величина шума уменьшается в 5,6 раза, а на ламинате – в 12,8 раза.

Использование шумопоглощающих насадок из FLEX пластика поможет снизить уровень шума, издаваемого каблучками на рабочих местах учреждений, в которых необходимо его соблюдение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Burden of disease from environmental noise Quantification of healthy life years lost in Europe. The WHO European Centre for Environment and Health. 2011. p.108
2. Допустимые уровни шума, вибрации и требования к звукоизоляции в жилых и общественных зданиях. ТСН 23-315-2000 г. Москвы (МГСН 2.04-97) <https://docs.cntd.ru/document/1200000486>
3. South San Francisco Municipal Code Chapter 8.32 NOISE REGULATIONS https://qcode.us/codes/southsanfrancisco/view.php?topic=8-8_32&frames=on
4. Portland, Oregon. City Code. Chapter 18.10 Maximum Permissible Sound Levels <https://www.portland.gov/code/18/10>
5. СП 51.13330.2011 ЗАЩИТА ОТ ШУМА. <https://docs.cntd.ru/document/1200084097>
6. Engineering ToolBox, (2001) [online]. <https://www.engineeringtoolbox.com>.
7. ISO 1996-1:2016 Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 1: Basic quantities and assessment procedures. <https://www.iso.org/>
8. ISO 1996-2:2017 Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 2: Determination of sound pressure levels. <https://www.iso.org/>
9. Силиконовые насадки на каблук <https://zdorovyenogi.ru/silikonovye-nasadki-na-kabluk>.
10. *Ильцова А.В., Белицкая О.А.* Исследование современного рынка пластиков, используемых для 3D-печати // Концепции, теория, методики фундаментальных и прикладных научных исследований в области инклюзивного дизайна и технологий // Сб. науч. тр. по итогам Междунар. науч.-практ. заочной конф., 25-27 марта 2020 г. М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020. Ч. 1. С. 36...41.
11. Polymers for 3D Printing and Customized Additive Manufacturing // *Samuel Clark Ligon, Robert Liska, Jürgen Stampfl, Matthias Gurr, and Rolf Mülhaupt.* Chemical Reviews 2017 117 (15), 10212-10290. DOI: 10.1021/acs.chemrev.7b00074
12. *Shahrubudin N., Lee T.C., Ramlan R.* An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials, and Applications // Procedia Manufacturing, Volume 35, 2019, P. 1286-1296
13. *Syed A.M.T., Elias P.K., Amit B., Susmita B., Lisa O., Charitidis C.* Additive manufacturing: scientific and technological challenges, market uptake and opportunities // Materials today, 1 (2017), pp. 1-16
14. *Ugur M.D., Gharehparagh B., Yaman U., Dolen M.* The role of additive manufacturing in the era of Industry 4.0 // Procedia Manufacturing, 11 (2017), pp. 545-554
15. *Stansbury J.W., Idacavage M.J.* 3D Printing with polymers: Challenges among expanding options and opportunities // Dental Materials, 32 (2016), pp. 54-64
16. *Коновалова О.Б., Минец В.В., Бокова Е.С., Костылева В.В., Белицкая О.А.* Полимерные материалы для 3D-печати и возможность их применения в обувном производстве: ассортимент пластмасс инновационной функциональности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2021. № 5 (395). С. 262...267.
17. *Коновалова О.Б., Минец В.В., Бокова Е.С., Костылева В.В., Белицкая О.А.* Полимерные материалы для 3D-печати и возможность их применения в обувном производстве: группа крупнотоннажных полимеров // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 2 (398). С. 304...311.
18. *Минец В.В., Татарчук И.Р., Белицкая О.А., Литвин Е.В.* Применение 3D-технологий быстрого прототипирования при изготовлении оснастки обувного производства и апробация формальной модели экспресс-формы для литьевого агрегата //

Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 2 (398). С. 329...333.

19. *Минец В.В., Белицкая О.А.* Применение аддитивных технологий при создании коллекций обуви и аксессуаров // *Дизайн и технологии*. 2018. № 63 (105). С. 31...36.

20. *Алибекова М.И., Костылева В.В., Новиков А.Н., Фирсов А.В.* Современные технологии в проектировании обуви // *Дизайн и технологии*. 2017. No57(99). С.31-35

21. Приборостроительная компания НТМ-защита. Ассистент Total (SIUV3RT)– <https://ntm.ru/products/87/7382>. – 2020

REFERENCES

1. Burden of disease from environmental noise Quantification of healthy life years lost in Europe. The WHO European Center for Environment and Health. 2011. p. 108.

2. Permissible levels of noise, vibration and requirements for sound insulation in residential and public buildings. TSN 23-315-2000 of Moscow (MGSN 2.04-97) <https://docs.cntd.ru/document/1200000486>

3. South San Francisco Municipal Code Chapter 8.32 NOISE REGULATIONS https://qcode.us/codes/southsanfrancisco/view.php?topi c=8-8_32&frames=on

4. Portland, Oregon. City Code.Chapter 18.10 Maximum Permissible Sound Levels <https://www.portland.gov/code/18/10>

5. SP 51.13330.2011 PROTECTION FROM NOISE. <https://docs.cntd.ru/document/1200084097>

6. Engineering Toolbox, (2001). [online]. <https://www.engineeringtoolbox.com>.

7. 19.19-1:22-ISO-accumulations-scale-ac-tuations. <https://www.iso.org/>

8. ISO 1996-2:2017 Acoustics - Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 2: Determination of sound pressure levels. <https://www.iso.org/>

9. Silicone heel caps <https://zdorovyenogi.ru/silikonovye-nasadki-na-kabluk>.

10. *Ilyasova A.V., Belitskaya O.A.* Research of the modern market of plastics used for 3D printing // Concepts, theory, methods of fundamental and applied scientific research in the field of inclusive design and technologies: a collection of scientific papers based on the results of the International Scientific and Practical Correspondence Conference (March 25-27, 2020). Part 1. М.: RGUim. A.N. Kosygin, 2020. P. 36-41.

11. Polymers for 3D Printing and Customized Additive Manufacturing // *Samuel Clark Ligon, Robert Liska, Jürgen Stampfl, Matthias Gurr, and Rolf Mülhaupt*. Chemical Reviews 2017 117 (15), 10212-10290. DOI: 10.1021/acs.chemrev.7b00074

12. *Shahrubudin N., Lee T.C., Ramlan R.* An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials, and Applications // *Procedia Manufacturing*, Volume 35, 2019, Pages 1286-1296

13. *Syed A.M.T., Elias P.K., Amit B., Susmita B., Lisa O., Charitidis C.* Additive manufacturing: scientific and technological challenges, market uptake and opportunities // *Materials today*, 1 (2017), pp. 1-16

14. *Ugur M.D., Gharehpapagh B., Yaman U., Dolen M.* The role of additive manufacturing in the era of Industry 4.0 // *Procedia Manufacturing*, 11 (2017), pp. 545-554

15. *Stansbury J.W., Idacavage M.J.* 3D Printing with polymers: Challenges among expanding options and opportunities // *Dental Materials*, 32 (2016), pp. 54-64

16. *Konovalova O.B., Minets V.V., Bokova E.S., Kostyleva V.V., Belitskaya O.A.* Polymeric materials for 3D printing and the possibility of their use in shoe production: an assortment of plastics with innovative functionality // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2021. No 5 (395). P. 262-267.

17. *Konovalova O.B., Minets V.V., Bokova E.S., Kostyleva V.V., Belitskaya O.A.* Polymeric materials for 3D printing and the possibility of their application in shoe production: a group of large-tonnage polymers // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2022. No. 2 (398). pp. 304-311.

18. *Minets V.V., Tatarchuk I.R., Belitskaya O.A., Litvin E.V.* Application of 3D-technologies of rapid prototyping in the manufacture of equipment for shoe production and approbation of a formal model of an express mold for an injection molding machine // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2022. No. 2 (398). pp. 329-333.

19. *Minets V.V., Belitskaya O.A.* The use of additive technologies in the creation of collections of shoes and accessories // *Design and Technologies*. 2018. No. 63 (105). P. 31-36.

20. *Alibekova M.I., Kostyleva V.V., Novikov A.N., Firsov A.V.* Modern technologies in shoe design // *Design and Technologies*. 2017. No57(99). P.31-35.

21. Instrument-making company NTM-protection. Total Assistant (SIU V3RT) – <https://ntm.ru/products/87/7382>. – 2020

Рекомендована кафедрой художественного моделирования, конструирования и технологии изделий из кожи Российского государственного университета им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)». Поступила 16.03.23.