

Marushchak Julia Igorevna,
*étudiant diplômé,
Université technologique d'état de Vitebsk,
Vitebsk, République Du Bélarus,
tonk.00@mail.ru*

Yasinskaya Natalia Nikolaevna,
*docteur ès sciences techniques, chargé de cours,
Université technologique d'état de Vitebsk,
Vitebsk, République Du Bélarus,
yasinskaynn@rambler.ru*

APPLICATION D'UNE DISPERSION AQUEUSE DE POLYURÉTHANE POUR LA FORMATION DE TISSUS REVÊTUS DESTINÉS À L'HABILLEMENT

Annotation. L'article examine les questions de sécurité des matériaux destinés à l'habillement avec un revêtement polymère à base de dispersions aqueuses de polyuréthane. Une analyse comparative des caractéristiques du cuir naturel, des matériaux en PVC, des polyuréthanes traditionnels et des dispersions aqueuses de polyuréthane a été réalisée. Une attention particulière est accordée à la technologie de moussage mécanique des compositions aqueuses de polyuréthane comme méthode de formation d'une structure poreuse du revêtement et d'économie de matière première polymère. Des données expérimentales sur l'influence du taux de mousse (dans la plage de 1,0 à 2,5) sur la densité et la viscosité dynamique de la composition sont présentées. Les régularités des changements des propriétés rhéologiques avec l'augmentation du taux de mousse ont été établies. Sur la base des résultats obtenus, les plages optimales de taux de mousse pour différents types de matériaux d'habillement ont été déterminées: 1,25-1,5 – pour les revêtements denses à structure microporeuse ; 2,0-2,5 – pour les matériaux à perméabilité à l'air et à la vapeur accrue ; 1,75 – taux de mousse universel. La régulation du taux de mousse permet de modifier les propriétés hygiéniques et physico-mécaniques des tissus revêtus finis tout en réduisant simultanément la consommation de polymère, ce qui correspond aux principes du développement durable et de l'économie des ressources.

Mots-clés: polyuréthane, éco-cuir, tissus revêtus, taux de mousse, structure poreuse, propriétés rhéologiques, économie des ressources.

Marushchak Yulia Igorevna,
*Postgraduate Student,
Vitebsk State Technological University,
Vitebsk, Republic of Belarus,
tonk.00@mail.ru*

Yasinskaya Natalia Nikolaevna,
*Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
Vitebsk State Technological University,
Vitebsk, Republic of Belarus,
yasinskaynn@rambler.ru*

APPLICATION OF AQUEOUS POLYURETHANE DISPERSION IN THE FORMATION OF COATED FABRICS FOR CLOTHING PURPOSES

Abstract. The article examines the safety issues of clothing materials with a polymer coating based on aqueous polyurethane dispersions. A comparative analysis of the characteristics of natural leather, PVC materials, traditional polyurethanes, and aqueous polyurethane dispersions has been carried out. Attention is paid to the technology of mechanical foaming of aqueous polyurethane compositions as a method for forming a porous coating structure and saving polymer raw materials. Experimental data on the influence of the foam expansion ratio (in the range from 1.0 to 2.5) on the density and dynamic viscosity of the composition are presented. The patterns of changes in rheological properties with an increase in the foam expansion ratio have been established. Based on the obtained results, optimal foam expansion ratio ranges for various types of clothing materials have been determined: 1.25-1.5 – for dense coatings with a fine-porous structure; 2.0-2.5 – for materials with increased air and vapor permeability; 1.75 – universal expansion ratio. Regulating the foam expansion ratio makes it possible to change the hygienic and physical-mechanical properties of finished coated fabrics while simultaneously reducing polymer consumption, which corresponds to the principles of sustainable development and resource conservation.

Keywords: polyurethane, eco-leather, coated fabrics, foam expansion ratio, porous structure, rheological properties, resource conservation.

*Марущак Юлия Игоревна,
аспирант,*

*Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь,
tonk.00@mail.ru*

*Ясинская Наталья Николаевна,
д-р техн. наук, доцент,*

*Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь,
yasinskaynn@rambler.ru*

ПРИМЕНЕНИЕ ВОДНОЙ ПОЛИУРЕТАНОВОЙ ДИСПЕРСИИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТКАНЕЙ С ПОКРЫТИЕМ ОДЕЖНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы безопасности материалов одежного назначения с полимерным покрытием на основе водных полиуретановых дисперсий. Проведен сравнительный анализ характеристик натуральной кожи, ПВХ-материалов, традиционных полиуретанов и водных полиуретановых дисперсий. Внимание уделено технологии механического вспенивания водных полиуретановых композиций как методу формирования пористой структуры покрытия и экономии полимерного сырья. Представлены

экспериментальные данные по влиянию кратности пены (в диапазоне от 1,0 до 2,5) на плотность, динамическую вязкость композиции. Установлены закономерности изменения реологических свойств при увеличении кратности пены. На основе полученных результатов определены оптимальные диапазоны кратности пены для различных типов материалов одежного назначения: 1,25-1,5 – для плотных покрытий с мелкопористой структурой, 2,0-2,5 – для материалов с повышенной воздухо- и паропроницаемостью, 1,75 – универсальная кратность. Регулирование кратности пены позволяет изменять гигиенические и физико-механические свойства готовых тканей с покрытием при одновременном снижении расхода полимера, что соответствует принципам устойчивого развития и ресурсосбережения.

Ключевые слова: полиуретан, экокожа, ткани с покрытием, кратность пены, пористая структура, реологические свойства, ресурсосбережение.

Au cours du dernier siècle, la conscience écologique de la société a considérablement augmenté [1]. Les consommateurs modernes et les normes législatives imposent des exigences strictes concernant les aspects écologiques et toxicologiques de la production des biens de consommation courante. L'industrie textile et l'industrie légère, qui reposaient sur l'utilisation de solvants volatils, sont aujourd'hui confrontées au défi de la transition vers de nouvelles technologies, plus sûres pour l'homme et l'environnement.

Cette question est devenue particulièrement aiguë dans la production de matériaux revêtus. Le cuir naturel traditionnel, malgré ses propriétés uniques, est produit en utilisant des sels de chrome, ce qui crée un problème d'élimination des déchets solides contenant du chrome et de traitement des eaux usées [1]. Le système de tannage aux sels de chrome, qui reste à ce jour la méthode de tannage du cuir la plus répandue, est sous la pression constante des groupes écologiques et des normes internationales en raison de la pollution et des causes toxicologiques [2]. Les sels de chrome sont utilisés dans environ 90 % de la production mondiale de tannage. Il devient de plus en plus difficile pour les tanneurs de respecter les réglementations constamment mises à jour concernant la teneur en chrome dans les eaux usées, ainsi que dans les déchets solides contenant du chrome, tels que les copeaux, les chutes de cuir et la poussière de polissage [1].

Les alternatives synthétiques consistent généralement en un support textile recouvert de deux couches ou plus de polymères synthétiques [3]. Les cuirs artificiels à base de vinyle (PVC), quant à eux, nécessitent l'ajout de plastifiants et, lors de leur élimination ou de leur combustion, peuvent libérer des dioxines.

De ce fait, le profond intérêt pour les technologies propres stimule le développement de cuirs artificiels à base de polyuréthane (« éco-cuirs »), qui sont positionnés comme une alternative tant aux cuirs naturels qu'aux matériaux en PVC [4]. Les compositions de polyuréthane (PU), contrairement au vinyle, ne nécessitent pas de plastifiants, grâce à quoi le revêtement ne se fissure pas et conserve son élasticité pendant toute la durée de vie. De plus, le PU est considéré comme plus sûr du point de vue des émissions de substances nocives dans l'atmosphère lors de sa transformation et de son utilisation. Les polyuréthanes sont des polymères hétérochaînes dont la

macromolécule contient un groupe uréthane non substitué et/ou substitué —N(R)—C(O)O— , где R = H, alkyles, aryle ou acyle. Les macromolécules de polyuréthane peuvent également contenir des groupes fonctionnels éther-oxydes et esters, des groupes urée, amides et certains autres groupes fonctionnels. Le mécanisme de synthèse chimique du polyuréthane est en plusieurs étapes; toutes les propriétés requises sont établies précisément lors de la synthèse chimique du polymère [5].

Les polyuréthanes traditionnels se présentent sous forme de solutions de polyuréthane dans des solvants organiques (toluène, xylène, acétone, N-méthylpyrrolidone, diméthylformamide, etc.). Leur technologie de transformation repose sur l'évaporation de ces solvants pendant le processus de formation du revêtement, ce qui s'accompagne d'émissions significatives de composés organiques volatils (COV) dans l'atmosphère. Bien que le polyuréthane lui-même, après durcissement, soit un matériau chimiquement stable et sûr, le cycle technologique de son application à partir de solutions crée une charge écologique importante et nécessite de puissants systèmes de ventilation. Les dispersions aqueuses de polyuréthane diffèrent des systèmes traditionnels en ce que le polymère ne se trouve pas à l'état dissous, mais sous forme d'un système colloïdal stable où le milieu de dispersion est l'eau et la phase dispersée est constituée de particules de polyuréthane. Ce sont des systèmes colloïdaux complexes, stabilisés par l'introduction de groupes hydrophiles (de type ionique ou non ionique) dans la chaîne du polymère lors de la phase de synthèse [5, 6].

La comparaison des propriétés de base des polymères utilisés pour l'enduction des tissus est présentée dans le tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques comparatives des matériaux revêtus

Paramètre	Cuir naturel (tannage au chrome)	Cuir artificiel PVC	PU traditionnel	Éco-cuir PU (à base aqueuse)
Plastification	Non requise	Requise (migration des phtalates)	Non requise ou minimale	Non requise
Écologie de production	Consommation d'eau élevée, effluents chromés	Émissions de COV, utilisation de solvants	Toxicité lors de l'application	Pas de COV
Écologie d'élimination	Problème d'élimination des déchets chromés	Émissions de dioxines lors de la combustion	Moyenne (recyclage possible)	Possibilité de recyclage
Élasticité et résistance au froid	Élevée	Satisfaisante (perte du plastifiant)	Élevée	Élevée, durable
Résistance à l'usure	Élevée	Moyenne	Élevée	Élevée, effet de restauration
Capacité de moussage	Non applicable	Limitée	Faible (mousse instable)	Élevée

Théoriquement, les revêtements poreux en polyuréthane modernes possèdent une capacité de restauration grâce à la teneur élevée en liaisons physiques (liaisons hydrogène et de van der Waals), qui constituent 50 à 90 % du nombre total de liaisons

transversales. En cas de dommage mécanique (perforation), ces liaisons sont capables de se rompre et de se réorganiser, ce qui entraîne le rapprochement des bords de la perforation et la réduction de sa surface visible, améliorant ainsi l'aspect esthétique du produit [7], ce qui constitue également un avantage de l'utilisation du polyuréthane pour la formation de revêtements sur tissu.

Les dispersions aqueuses de PU peuvent être utilisées dans différentes technologies de formation de revêtement polyuréthane sur tissu, y compris l'application directe (à la racle), l'application par transfert et la technologie de moussage. L'utilisation du moussage de la composition de polyuréthane présente un intérêt particulier, car l'introduction d'air dans la matrice polymère permet de résoudre deux problèmes [4]:

- la formation d'une structure poreuse: permet d'obtenir un matériau dont le toucher et la perméabilité à l'air se rapprochent de ceux du cuir naturel,
- l'économie de matière première: le moussage augmente le volume de la composition, réduisant ainsi la consommation de polymère par mètre carré de tissu fini sans perte d'épaisseur du revêtement, ce qui correspond aux principes d'économie des ressources.

Du point de vue de la sécurité écologique, l'application d'un revêtement polymère par moussage représente un type particulier de finition en termes d'émissions. Les méthodes de finition en continu ne nécessitent pas de lavage après la fixation de la substance fonctionnelle. Cela signifie que les émissions potentielles liées à la pollution de l'eau sont limitées aux pertes systémiques et à l'eau utilisée pour le nettoyage de l'ensemble de l'équipement. Les résidus des compositions polymères sont réutilisés, ce qui empêche leur déversement et leur mélange avec les eaux usées. Lors de l'utilisation des matériaux et produits finis, aucune substance nocive ou toxique n'est libérée dans l'environnement [8].

Les propriétés rhéologiques des compositions sont la base pour le contrôle du processus de formation du revêtement. La viscosité, le taux de mousse du système polymère déterminent son comportement à toutes les étapes du cycle technologique, et la variation du taux de mousse permet également de contrôler la formation de la structure poreuse, ce qui permet par la suite d'améliorer les propriétés hygiéniques du tissu revêtu fini. De ce fait, l'étude des propriétés rhéologiques des dispersions aqueuses de polyuréthane modernes est une tâche actuelle.

Le sujet de l'étude était une dispersion aqueuse de polyuréthane. Les technologies modernes permettent de faire varier le taux de mousse d'une telle composition, ce qui ouvre de larges possibilités pour contrôler la structure et, par conséquent, les propriétés du revêtement formé.

Le taux de mousse est le rapport du volume de mousse au volume de la phase liquide initiale. En modifiant cet indicateur au cours du processus de moussage mécanique, on peut obtenir des matériaux avec différentes morphologies: des films monolithiques avec des pores fermés isolés aux structures hautement poreuses avec des pores interconnectés.

Le moussage de la dispersion aqueuse de polyuréthane a été réalisé mécaniquement à l'aide d'un mélangeur de laboratoire à vitesse de rotation fixe de l'organe de travail. Le taux de mousse a été varié dans la plage de 1,5 à 2,5 en modifiant

la durée de mélange et le degré d'aération de la composition. La composition de polyuréthane sans moussage ($\beta_{n0} = 1$) a été prise comme échantillon témoin.

Les études rhéologiques de la mousse obtenue ont été réalisées à l'aide d'un viscosimètre rotatif RM100 PLUS Lamy Rheology à un taux de cisaillement de 500 s^{-1} . La température de mesure était de $20 \pm 0,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$. L'incertitude de mesure était de $\pm 1 \text{ } \%$.

Le tableau 2 présente les propriétés de la composition de polyuréthane moussée.

Tableau 2. Propriétés de la composition de polyuréthane moussée

Taux de mousse	Densité de la composition, g/cm^3	Viscosité dynamique de la composition, $\text{mPa}\cdot\text{s}$	Rayon moyen des bulles d'air, μm	Rayon des bulles du groupe le plus nombreux, μm
1,0	0,95	239	—	—
1,25	0,90	264	90,1	65-77
1,5	0,81	295	94,8	75-88
1,75	0,61	311	115,9	110-125
2,0	0,49	341	130,4	130-146
2,25	0,42	389	147,3	136-141
2,5	0,39	436	150,0	140-154

Comme on pouvait s'y attendre, l'augmentation du taux de mousse entraîne logiquement une diminution de la densité de la composition. Pour un taux de mousse de 2,5, la densité diminue de plus de 2,4 fois par rapport à la dispersion initiale, ce qui confirme l'efficacité du moussage mécanique comme méthode d'économie des ressources: tout en conservant l'épaisseur de la couche appliquée, la consommation de polymère par unité de surface diminue proportionnellement.

On observe une augmentation monotone de la viscosité dynamique de la composition avec l'augmentation du taux de mousse. Lors du passage du taux de 1,0 à 2,5, la viscosité passe de 239 à 436 $\text{mPa}\cdot\text{s}$ (presque 1,8 fois). Cette régularité s'explique par l'augmentation de la fraction volumique de la phase gazeuse, ce qui entraîne une augmentation de l'interaction hydrodynamique entre les bulles. D'un point de vue technologique, cela signifie que lors de la transformation de mousses à taux élevé, il est nécessaire de prendre en compte les charges de cisaillement accrues et d'ajuster les paramètres d'application (réduire la vitesse de déplacement du tissu, réguler la durée et la température de polymérisation).

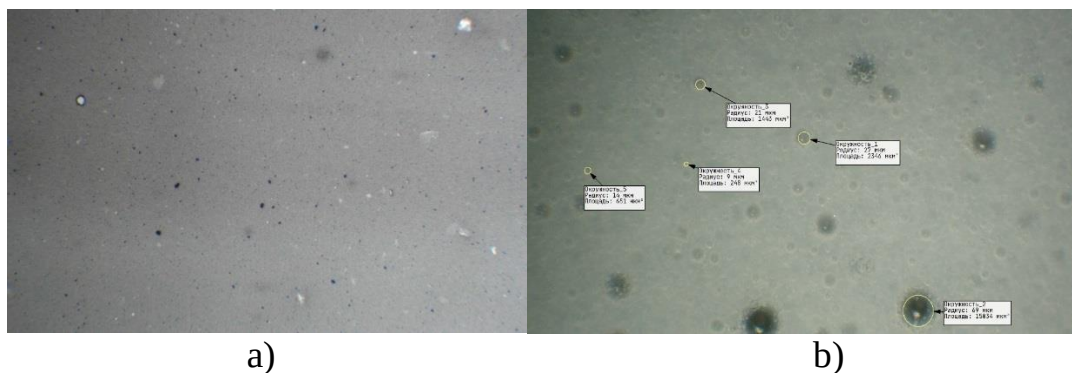


Figure. Microphotographies de la composition PU avant (a) et après (b) moussage

Avec l'augmentation du taux de mousse de 1,5 à 2,5, le rayon moyen des bulles augmente successivement (de 94,8 à 150 μm). Le groupe de bulles le plus nombreux se déplace également vers la zone des tailles plus grandes (de 75-88 μm à 140-154 μm).

Les régularités identifiées permettent un contrôle dirigé de la structure et des propriétés du revêtement formé en choisissant le taux de mousse optimal. Pour obtenir des matériaux à résistance accrue et à surface lisse (par exemple, pour les tissus de trenches), il est conseillé d'utiliser un taux de mousse dans la plage de 1,25 à 1,5. Cela assure la formation d'une structure microporeuse avec une augmentation modérée de la viscosité. Pour les matériaux soumis à des exigences accrues de perméabilité à l'air et à la vapeur d'eau, le taux optimal est de 2,0 à 2,5. La structure macroporeuse assure les propriétés hygiéniques nécessaires, mais nécessite un contrôle de la stabilité de la mousse et un ajustement des conditions de séchage pour prévenir le retrait et les défauts du revêtement. Le taux de mousse de 1,75 peut être considéré comme universel, offrant une combinaison équilibrée de porosité, de densité et de viscosité pour une large gamme de matériaux destinés à l'habillement.

L'étude a montré que l'utilisation de dispersions aqueuses de polyuréthane pour la formation de tissus revêtus destinés à l'habillement est une direction prometteuse et écologiquement responsable. Le remplacement des solvants organiques par de l'eau comme milieu de dispersion permet de réduire considérablement les émissions de composés organiques volatils, améliorant ainsi la sécurité du processus de production et la conformité aux normes environnementales modernes.

La technologie de moussage mécanique des compositions aqueuses de polyuréthane offre des possibilités supplémentaires pour contrôler la structure et les propriétés des revêtements. Les résultats expérimentaux ont démontré une relation claire entre le taux de mousse et les caractéristiques clés de la composition: densité, viscosité dynamique et paramètres de la structure poreuse. L'augmentation du taux de mousse de 1,0 à 2,5 entraîne une diminution de la densité de plus de 2,4 fois et une augmentation de la viscosité de 1,8 fois, tandis que le rayon moyen des bulles passe de 90 à 150 μm .

Ainsi, la régulation du taux de mousse est un outil efficace pour ajuster les propriétés hygiéniques et physico-mécaniques des tissus revêtus finis tout en réduisant simultanément la consommation de polymère, ce qui correspond pleinement aux principes du développement durable et de l'économie des ressources dans l'industrie textile moderne.

Liste de la littérature:

1. Marushchak, Yu. I. «*Ekokozhi*» s PU pokrytiem, kak ekologicheskaya al'ternativa natural'nyy kozham [Le « simili cuir » enduit de PU, une alternative écologique au cuir naturel] / Yu. I. Marushchak, N. N. Yasinskaya // *Aktual'nye problemy nauki i tekhnologii v sovremennom mire: materialy II Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Knyaginino, 23 marta 2023 g.* [Problèmes actuels de la science et des technologies dans le monde contemporain: actes de la IIe conférence scientifique et pratique panrusse, Knyaginino, 23 mars 2023] / NGIEU. – Knyaginino, 2023. – S. 57-60. (en russe).

2. Kanij Fatema, Md. Rayhan Sarker, Kawsar Akhtar, Begum A. (2023) Environmental Sustainability: A Challenge for Leather Industry. *Leather and Footwear Journal*. 23(3):209-226.
3. Meyer, M., Dietrich, S., Schulz, H., Mondschein, A. (2021) Comparison of the Technical Performance of Leather, Artificial Leather, and Trendy Alternatives. *Coatings*. 11(2):226.
4. Marushchak, Y. I. Analyse comparative de l'eco-cuir moderne de differents fabricants / Y. I. Marushchak, N. N. Yasinskaya // Proceedings of the V All-Russian Research and Practice Conference with International Participation "Dialogue of Generations: Learn. Teach. Study." (20-21 April 2024). In 2 parts / Ministry of Education and Science of the Russian Federation; FSBEI HE "Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design"; under the general editorship of V. V. Kirillova. SPb.: HSTE SPbGUITD, 2024. Part I, 103 p. – pp. 35-41.
5. Burykh, G. V. *Iskusstvennaya kozha v otdelke salona avtomobilya* [Faux leather in car interiors] / G. V. Burykh, A. I. Brusentsev // *Sovremennye avtomobil'nye materialy i tekhnologii (SAMIT-2016): sbornik statei VIII Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, Kursk, 2016* [Matériaux et technologies automobiles modernes (SAMIT-2016): recueil des communications de la VIIIe Conférence scientifique et technique internationale, Kursk, 2016]. – S. 57-60. (en russe).
6. Nikitina, L. L., Gavrilova, O. E. *Obzor razvitiya i sostoyaniya proizvodstva iskusstvennykh kozh dlya izdelii legkoi promyshlennosti* [Aperçu de l'évolution et de la situation actuelle de la production de cuirs synthétiques destinés à l'industrie légère] // *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin de l'Université technologique de Kazan]. – 2013. – №21. – S. 184-187. (en russe).
7. Kablov, V. F., Novopol'tseva, O. M., Kochetkov, V. G. *Tekhnologiya pererabotki polimerov: ucheb. posobie* [Technologie de transformation des polymères: manuel]. – 2018. – 244 s. – URL: <http://lib.volpi.ru:57772/csp/lib/PDF/583854200.pdf> (date de consultation: 1.04.2026). (en russe).
8. *ITS 39-2017 Proizvodstvo tekstil'nykh izdelii (promyvka, otbelivanie, merсеризация, krashenie tekstil'nykh volokon, otbelivanie, krashenie tekstil'noi produktsii)* [ITS 39-2017 Manufacture of textile products (washing, bleaching, mercerisation, dyeing of textile fibres, bleaching and dyeing of textile products)]. – Moskva, Byuro NDT. – 366 s. (en russe).

References:

1. Marushchak, Yu. I. «*Ekokozhi*» s PU pokrytiem, kak ekologicheskaya al'ternativa natural'nym kozham [PU-coated 'eco-leather' as an eco-friendly alternative to genuine leather] / Yu. I. Marushchak, N. N. Yasinskaya // *Aktual'nye problemy nauki i tekhnologii v sovremennom mire: materialy II Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Knyaginino, 23 marta 2023 g.* [Current Issues in Science and Technology in the Modern World: Proceedings of the 2nd All-Russian Scientific and Practical Conference, Knyaginino, 23 March 2023 / NGIEU. – Knyaginino, 2023. – S. 57-60. (in Russian).
2. Kanij Fatema, Md. Rayhan Sarker, Kawsar Akhtar, Begum A. (2023) Environmental Sustainability: A Challenge for Leather Industry. *Leather and Footwear Journal*.

23(3):209-226.

3. Meyer, M., Dietrich, S., Schulz, H., Mondschein, A. (2021) Comparison of the Technical Performance of Leather, Artificial Leather, and Trendy Alternatives. *Coatings*. 11(2):226.

4. Marushchak, Y. I. Analyse comparative de l'eco-cuir moderne de differents fabricants / Y. I. Marushchak, N. N. Yasinskaya // Proceedings of the V All-Russian Research and Practice Conference with International Participation "Dialogue of Generations: Learn. Teach. Study." (20-21 April 2024). In 2 parts / Ministry of Education and Science of the Russian Federation; FSBEI HE "Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design"; under the general editorship of V. V. Kirillova. SPb.: HSTE SPbGUITD, 2024. Part I, 103 p. – pp. 35-41.

5. Burykh, G. V. *Iskusstvennaya kozha v otdelke salona avtomobilya* [Faux leather in car interiors] / G. V. Burykh, A. I. Brusentsev // *Sovremennye avtomobil'nye materialy i tekhnologii (SAMIT-2016): sbornik statei VIII Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, Kursk, 2016* [Modern Automotive Materials and Technologies (SAMIT-2016): Proceedings of the 8th International Scientific and Technical Conference, Kursk, 2016]. – S. 57-60. (in Russian).

6. Nikitina, L. L., Gavrilova, O. E. *Obzor razvitiya i sostoyaniya proizvodstva iskusstvennykh kozh dlya izdelii legkoi promyshlennosti* [An overview of the development and current state of artificial leather production for the light manufacturing industry] // *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University]. – 2013. – №21. – S. 184-187. (in Russian).

7. Kablov, V. F., Novopol'tseva, O. M., Kochetkov, V. G. *Tekhnologiya pererabotki polimerov: ucheb. posobie* [Polymer Processing Technology: A Study Guide]. – 2018. – 244 s. – URL: <http://lib.volpi.ru:57772/csp/lib/PDF/583854200.pdf> (date accessed: 1.04.2026). (in Russian).

8. *ITS 39-2017 Proizvodstvo tekstil'nykh izdelii (promyvka, otbelivanie, merserizatsiya, krashenie tekstil'nykh volokon, otbelivanie, krashenie tekstil'noi produktsii)* [ITS 39-2017 Fabrication d'articles textiles (lavage, blanchiment, mercerisation, teinture des fibres textiles, blanchiment, teinture des produits textiles)]. – Moskva, Byuro NDT. – 366 s. (in Russian).

Список литературы:

1. Марущак, Ю. И. «Экокожи» с PU покрытием, как экологическая альтернатива натуральным козам / Ю. И. Марущак, Н. Н. Ясинская. – Текст: непосредственный // Актуальные проблемы науки и технологий в современном мире: материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Княгинино, 23 марта 2023 г. / НГИЭУ. – Княгинино, 2023. – С. 57-60.

2. Kaniy Fatema, Md. Rayhan Sarker, Kawsar Akhtar, Begum A. (2023) Environmental Sustainability: A Challenge for Leather Industry. – *Leather and Footwear Journal*. 23(3):209-226.

3. Meyer, M., Dietrich, S., Schulz, H., Mondschein, A. (2021) Comparison of the Technical Performance of Leather, Artificial Leather, and Trendy Alternatives. *Coatings*. 11(2):226.

4. Marushchak, Y. I. Analyse comparative de l'eco-cuir moderne de differents fabricants / Y. I. Marushchak, N. N. Yasinskaya // Диалог поколений: Изучаем. Обучаем. Учимся: материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 23-24 апреля 2024 г.: в 2 ч. / СПбГУПТД. – Санкт-Петербург, 2024. – Ч. 1. – С. 35-41. – Текст: непосредственный.
5. Бурых, Г. В. Искусственная кожа в отделке салона автомобиля / Г. В. Бурых, А. И. Брусенцев. – Текст: непосредственный // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2016): сборник статей VIII Международной научно-технической конференции, Курск, 2016. – С. 57-60.
6. Никитина, Л. Л. Обзор развития и состояния производства искусственных кож для изделий легкой промышленности / Л. Л. Никитина, О. Е. Гаврилова. – Текст: непосредственный // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – №21. – С. 184-187.
7. Каблов, В. Ф. Технология переработки полимеров: учеб. пособие / В. Ф. Каблов, О. М. Новопольцева, В. Г. Кочетков. – 2018. – 244 с. – URL: <http://lib.volpi.ru:57772/csp/lib/PDF/583854200.pdf> (дата обращения: 01.04.2026). – Текст: электронный.
8. ИТС 39-2017 Производство текстильных изделий (промывка, отбеливание, мерсеризация, крашение текстильных волокон, отбеливание, крашение текстильной продукции). – Москва, Бюро НДТ. – 366 с. – Текст: непосредственный.

© Марущак Ю. И., Ясинская Н. Н., 2026