

2. Cherri, A. C., Mundim, L. B., & Vianna, M. C. (2023). Advances in cutting and packing optimization: A review of algorithms and applications. *European Journal of Operational Research*, 305(2), 487–502. DOI: 10.1016/j.ejor.2022.08.012
3. Huang, X., Zhang, Y., & Liu, Q. (2022). A novel hybrid algorithm for two-dimensional cutting stock problems in the textile industry. *Computers & Industrial Engineering*, 169, 108234. DOI: 10.1016/j.cie.2022.108234
4. Благодарир, О. В., Надопта, Т. А. (2025). Аналіз систем та методів розкрою рулонних матеріалів для легкої промисловості. *Вісник Херсонського національного технічного університету*, (2), 37. <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2025.2.1.37>

УДК 687

ГАЛИНА РІПКА, ОЛЕКСАНДР ВОРОБЙОВ,
 ДМИТРО ІГНАТОВ, АЛІНА ОВЧАРЕНКО
 Східноукраїнський національний університет імені
 Володимира Даля, Україна

ОЦІНКА ДОВГОВІЧНОСТІ ТА СТАРІННЯ ШТУЧНИХ ШКІР ПІД ВПЛИВОМ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ У КОНСТРУКЦІЯХ ВІЙСЬКОВОГО ОДЯГУ

Мета. *Визначити закономірності зміни властивостей штучних шкір під дією кліматичних факторів і встановити критерії оцінювання їх довговічності у військовому одязі*

Ключові слова: *штучна шкіра, довговічність, кліматичні фактори, старіння матеріалів, поліуретан, військовий одяг, експлуатаційні властивості*

Постановка завдання. Для досягнення мети дослідження було поставлено низку завдань Класифікувати сучасні види штучних шкір, що застосовуються у військових виробках. Розробити методіку експериментального моделювання кліматичних умов старіння. Оцінити зміну фізико-механічних і естетичних властивостей після експозиції. Визначити кореляційні залежності між структурними змінами та втратою міцності. Розробити рекомендації для вибору матеріалів з підвищеною довговічністю.

Методи досліджень. Для виконання поставлених завдань використано три типи штучних шкір: поліуретанова, полівінілхлоридна та комбінована (ПУ/ПЕ основа). Кліматичне старіння моделювали у камері типу «КТ-02» із регульованими параметрами температури (+50...–25 °C), вологості (30–95 %) і ультрафіолетового випромінювання ($\lambda = 340$ нм). Досліджували міцність на розрив, видовження при розриві, опір згинанню, зміну

кольору та мікроструктуру поверхні (оптична мікроскопія $\times 100$).

Результати досліджень. У сучасних умовах експлуатації військового одягу особливе значення набуває використання матеріалів, здатних витримувати вплив агресивних кліматичних факторів – перепадів температур, високої вологості, ультрафіолетового випромінювання тощо. Штучні шкіри, як один із ключових компонентів конструкцій військового одягу, повинні забезпечувати не лише естетичні та функціональні властивості, але й довговічність у складних умовах експлуатації.

З огляду на зростаючі вимоги до якості та надійності військового спорядження, дослідження процесів старіння штучних шкір є надзвичайно актуальним. Вивчення змін фізико-механічних та мікроструктурних характеристик матеріалів дозволяє обґрунтовано підходити до вибору сировини, прогнозувати термін служби виробів та розробляти нові, більш стійкі до кліматичних впливів композиції.

Результати випробувань показали, що після 72 годин експозиції при підвищеній вологості та УФ-опроміненні міцність поліуретанової шкіри знижується на 18 %, а полівінілхлоридної – на 25 %. Комбінована шкіра з поліестеровою підкладкою продемонструвала найвищу стабільність до кліматичних впливів (рис. 1). Мікроскопічний аналіз засвідчив появу мікротріщин у верхньому полімерному шарі ПВХ, натомість у ПУ-шкірі спостерігалось помутніння поверхні, без значних тріщин. Еластичність усіх матеріалів зменшилася в середньому на 10–20 % що впливає на комфорт та функціональність виробів (рис. 2).

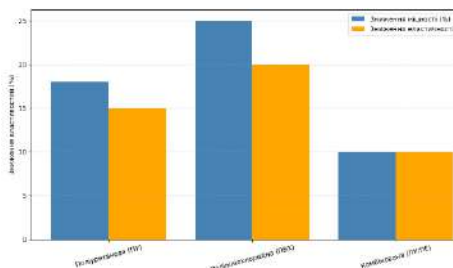


Рис. 1. Зміна фізико-механічних властивостей штучних шкір після кліматичного старіння

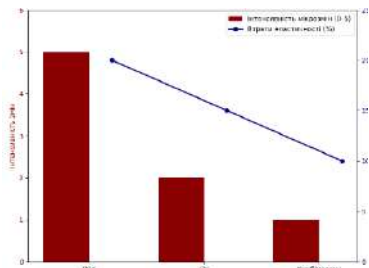


Рис. 2. Комбінований графік мікроструктурних змін та втрати еластичності

Отримані дані підтверджують що старіння штучних шкір є багатофакторним процесом. Найбільше впливають ультрафіолетове випромінювання та циклічні температурні коливання, які порушують гнучкість і спричиняють ламкість поверхні. Поліуретанові матеріали проявили кращу стійкість завдяки гнучкішій полімерній структурі. Виявлено, що процес модифікації матеріалів позитивно впливає на подовження терміну експлуатації виробів, наприклад, за рахунок

введення нанонаповнювачів типу SiO_2 або УФ-абсорбентів, що може суттєво зменшити швидкість деградації матеріалу.

Висновок. Проведене дослідження дозволило комплексно оцінити вплив кліматичних факторів на довговічність штучних шкір, що застосовуються у конструкціях військового одягу. Встановлено, що процес старіння цих матеріалів є багатофакторним і залежить від типу полімерної основи, структури поверхні, наявності підкладки, а також інтенсивності зовнішніх впливів – температурних коливань, вологості та ультрафіолетового випромінювання. Поліуретанові шкіри продемонстрували вищу стійкість до УФ-старіння, що пояснюється їх гнучкою полімерною структурою, менш схильною до ламкості. ПВХ-матеріали, навпаки, виявилися більш вразливими: після експозиції спостерігалось значне зниження міцності, поява мікротріщин та зменшення еластичності. Комбіновані матеріали з текстильною основою показали найкраще співвідношення механічної стабільності та естетичних властивостей, що робить їх перспективними для використання у військовому одязі. Мікроскопічний аналіз підтвердив, що структурні зміни поверхні (тріщини, помутніння) прямо корелюють із втратою фізико-механічних характеристик. Виявлено, що введення нанонаповнювачів (зокрема SiO_2) та УФ-абсорбентів може значно знизити швидкість деградації матеріалів, відкриваючи шлях до створення модифікованих штучних шкір з підвищеною довговічністю. Розроблена методика моделювання кліматичного старіння у лабораторних умовах дозволяє ефективно прогнозувати поведінку матеріалів у реальних умовах експлуатації. На основі отриманих результатів сформульовано рекомендації щодо вибору матеріалів для військового одягу залежно від кліматичних зон, що сприятиме підвищенню функціональності, надійності та терміну служби виробів.

Література

1. Шегинський О. В., Дзюбинський А. В., Дзюбинська О. В. Синтетичні шкіри на основі водного розчину поліуретану та їх фізико-механічні властивості // *Товарознавчий вісник*. – 2020. – № 13. – С. 278–290. – DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2310-5283-2020-13-24>.
2. Patti A., Acierno D. The Puncture and Water Resistance of Polyurethane-Impregnated Fabrics after UV Weathering // *Polymers*. – 2020. – Vol. 12, No. 1. – P. 15. – DOI: <https://doi.org/10.3390/polym12010015>.
3. Andradý A. L. Effects of UV radiation on natural and synthetic materials (Assessment update) // *Photochemical/Photobiological literature review*. – 2023. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s43630-023-00377-6>.
4. Mayer-Trzaskowska P., Robakowska M., Gierz Ł., Pach J., Mazur E. Observation of the Effect of Aging on the Structural Changes of Polyurethane/Polyurea Coatings // *Polymers*. – 2023. – Vol. 16. – P. 23. – DOI: <https://doi.org/10.3390/polym16010023>.
5. Liu J., Recupido F., Lama G. C. Recent advances concerning polyurethane in leather applications: an overview of conventional and greener solutions // *Collagen and Leather*. – 2023. – DOI: <https://doi.org/10.1186/s42825-023-00116-8>.