

НАДОПТА ТЕТЯНА

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0002-9338-7827>e-mail: nadoptate@khmnu.edu.ua

МИХАЙЛОВСЬКА ОКСАНА

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0001-5025-6571>e-mail: mykhailovskao@khmnu.edu.ua

ОЛІЙНИК АНАСТАСІЯ

Хмельницький національний університет

e-mail: asyusholiynyk11@gmail.com

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ПОПЕРЕДНІХ ДЕФОРМАЦІЙ НА СТІЙКІСТЬ СПЕЦІАЛЬНОГО ВЗУТТЯ ДО БАГАТОРАЗОВОГО ЗГИНУ

У статті розглянуті поняття впливу деформації натуральної шкіри на її стійкість до багаторазового згину для спеціального взуття військового призначення. Довговічність спеціального взуття для військовослужбовців безпосередньо пов'язана зі стійкістю виробу до багаторазових деформацій. Таке взуття піддається значним деформаціям, оскільки призначене для екстремальних умов експлуатації, а також значні фізичні навантаження викликають відповідне згинання деталей взуття, особливо союзок.

У результаті досліджень натуральних шкір хромового методу дублення (ялівка легка та кінська шкіра хромового методу дублення) щодо стійкості до згину, встановлено, що міцність шкір, окрім впливу експлуатаційних деформацій, зменшується ще й за рахунок змін у структурі і властивостях шкіри під дією впливу попередньої деформації розтягуванням при виготовленні шкір. Отримані результати будуть враховані при проектуванні та удосконаленні технологічних процесів виготовлення спеціального взуття для військовослужбовців.

Ключові слова: спеціальне взуття, натуральна шкіра, попередня деформація, стійкість, багаторазовий згин.

NADOPTA TETYANA, MYKHAILOVSKA OKSANA, OLIYNYK ANASTASIA
Khmelnitskyi National University

DETERMINATION OF THE INFLUENCE OF PREVIOUS DEFORMATIONS ON THE RESISTANCE OF SPECIAL SHOES TO MULTIPLE BENDING

The article examines the concept of natural leather deformation on its resistance to multiple bending for special military footwear. Durability of special shoes for military personnel is directly related to the product's resistance to repeated deformations. Such shoes are subject to significant deformations, as they are intended for extreme conditions of operation, as well as significant physical loads, causing the respective bending of the parts of the shoes, especially vamps.

As a result of studies of natural leather of the chrome tanning method (heifer light and horsehide of the chrome tanning method) regarding resistance to bending, it has been established that durability of leather, excluding the influence of operational deformations, also decreases due to changes in the structure and properties of the leather under the influence of the previous deformation by stretching during the process of leather manufacture. The obtained results will be taken into account when designing and improving technological processes of manufacturing special shoes for military personnel.

Keywords: special shoes, comfortable shoes, genuine leather, previous deformation, durability, repeated bending.

Постановка проблеми

Сучасні умови розвитку технологій значно підвищують ефективність, точність та стійкість виробничих процесів, створюючи їх більш конкурентоспроможними і пристосованими до сучасного ринку. Особливо, це актуально для виготовлення спеціального взуття для військовослужбовців з огляду на вимоги сьогодення. Традиційно, таке взуття виготовляють з натуральної шкіри. Натуральна шкіра відзначається високою міцністю і стійкістю. Перед шкіряною промисловістю гостро постає проблема підвищення конкурентоспроможності продукції та цілий комплекс завдань, пов'язаних із виробництвом високоякісної натуральної шкіри. Розуміння процесів, які відбуваються в натуральній шкірі під впливом інтенсивної експлуатації взуття і призводять до зміни її фізико-механічних властивостей, дасть змогу розвитку нових виробничих підходів та технологій виготовлення спеціального взуття для військовослужбовців [1]. Одним із шляхів підвищення якості шкіри є – дослідження попередніх деформацій у процесі її виготовлення. Як відомо, деформаційна здатність матеріалів для деталей верху взуття відіграє важливу роль щодо якості та довговічності взуття в цілому. Під час виготовлення взуття його деталі піддаються різним технологічним впливам: розтягування, стискування, зрізання, проколювання і згинання. При цьому виникають різного виду деформації, що значною мірою залежать від деформаційних властивостей матеріалів і визначають якість виконання технологічних операцій під час обробки окремих деталей, та якість готового взуття.

Аналіз останніх джерел

Одним із важливих аспектів якості спеціального взуття для військовослужбовців є його зручність і комфортність під час інтенсивного та тривалого терміну експлуатації, які в свою чергу визначаються не лише необхідними гігієнічними властивостями матеріалів, але й їх здатністю до багаторазового згину,

зберігаючи при цьому форму взуття.

Автори [1] розглядають спеціальне взуття як захисну конструкцію з відповідними властивостями матеріалів верху і низу взуття. Від того, наскільки вдало підібрано матеріали, залежатимуть його захисні та гігієнічні властивості.

Проведені дослідження фізико-механічних властивостей натуральних шкір хромового методу дублення для верху взуття [4] підтвердили здатність матеріалів до багаторазового згину та формування.

Сучасні технології виробництва натуральних шкір з використанням мінеральних наповнювачів дозволяють регулювати формування структури дерми шкіри та необхідних експлуатаційних властивостей готової шкіри [5–7].

Проте, до цього часу жодне з проведених досліджень фізико-механічних властивостей натуральних шкір, не враховувало їх зміну, зумовлену післядубильними та опоряджувальними операціями, зокрема операціями витягування та пролежування.

Формулювання цілей статті

Метою наукової роботи є дослідження впливу попередніх деформацій натуральних шкір для виготовлення верху взуття на стійкість спеціального взуття до багаторазового згину.

Виклад основного матеріалу

В процесі виготовлення взуття, зокрема при виконанні обтяжно-затягувальних операцій, частина релаксаційної здатності до деформації забирається, але для зразка залишається невелика здатність до деформації. Від величини цієї деформаційної здатності залежить якість взуття і його стійкість до багаторазового згину, а також і довговічність готового взуття.

Якщо в процесі виготовлення шкіри та взуття зразки позбавити здатності до деформації, то в процесі затягувальних операцій заготовку неможливо буде відформувати на колодці. Для забезпечення необхідних деформаційних властивостей, необхідно визначити допустиму величину деформаційної здатності шкіри, яку необхідно залишити для зразка, щоб матеріал був раціонально використаний та мав достатні характеристики міцності.

Для цього проведено дослідження властивостей стомлюваності шкір хромового методу дублення, а саме дослідження впливу деформації шкіри на її стійкість до багаторазового згину.

Дослідження склалися з чотирьох основних етапів, які дозволяють визначити властивості шкіри хромового методу дублення під час багаторазового згинання та розриву:

- вибір зразків: на першому етапі були вибрані зразки шкіри, які підлягають дослідженню;
- попереднє розтягування зразків: на другому етапі зразки шкіри були піддані попередньому розтягуванню;
- випробування зразків багаторазовим згинанням на машині МІРМ: третій етап включав випробування зразків шкіри на машині МІРМ шляхом багаторазового згинання. Це випробування проводиться з визначенням міцності та стійкості шкіри до згинання, а також визначення її деформаційних властивостей;
- дослідження зразків на розривній машині РТ-250: на четвертому етапі зразки шкіри були досліджені на розривній машині РТ-250. Це дослідження включало в себе визначення міцності та розриву шкіри, її деформаційних властивостей після багаторазового згинання та оцінку її стійкості до руйнування.

Ці етапи дослідження охоплюють повною мірою деформаційні властивості шкіри та її стійкість до навантаження, які можуть виникати під час експлуатації взуття.

Метод планування експерименту був застосований для розрахунку оптимальної кількості визначень, необхідних для виконання дослідження для двох типів зразків шкір. Основною метою цього статистичного та математичного інструменту є максимізація якості результатів і мінімізація необхідних ресурсів. Оскільки мета цього експерименту не включалася в процес оптимізації, а у визначенні оптимальної кількості експериментів для кожного тесту, був обраний повний факторний план, оскільки дає можливість вивчити вплив двох або більше змінних на результат експерименту, враховуючи всі можливості комбінації рівнів цих змінних.

Об'єктом досліджень були вибрані: шкіра хромового методу дублення зі шкур великої рогатої худоби (ялівка легка) та кінська шкіра хромового методу дублення.

Для проведення експериментальних досліджень з цих шкір викроювалися зразки прямокутної форми розміром 60x90 мм. При цьому довжина зразка розміщувалась вздовж хребтової лінії шкіри.

Для підбору груп зразків з однаковими властивостями, їх викроювали з однієї шкіри за методом асиметричної бахромі.

Метод асиметричної бахромі є ефективним способом підбору та групування зразків шкіри з подібними властивостями. Основна ідея цього методу полягає в тому, щоб викроювати зразки з однієї шкіри таким чином, щоб вони мали такі особливості та характеристики, а також таких само груп, що за середньою величиною показника розривної міцності були б ідентичні.

Цей метод дає можливість при вивченні впливу певних факторів на властивості шкіри виключити вплив особливостей її топографічних ділянок.

Метод асиметричної бахромі стосовно однієї шкіри полягає в тому, що ціла шкіра ділиться

хребтовою лінією навпіл; перпендикулярно до хребтової лінії шкіру ділять на кількість смужок-ременів, кратну кількості факторів, що досліджуються, і кількості ременів, що вводяться в кожну факторну групу.

Для досліджень було складено 4 групи зразків, вводючи в кожну групу по 4 ремені, тобто, з однієї шкіри було отримано 120 зразків (таблиця 1).

Таблиця 1

Групування зразків для дослідження															
Група	Номери зразків														
	I	4a	8a	12a	16a	20a	24a	28a	2б	6б	10б	14б	18б	22б	26б
4c		8c	12c	16c	20c	24c	28c	2г	6г	10г	14г	18г	22г	26г	30г
II	5a	9a	13a	17a	21a	25a	29a	3б	7б	11б	15б	19б	23б	27б	1c
	5c	9c	13c	17c	21c	25c	29c	3г	7г	11г	15г	19г	23г	27г	1a
III	6a	10a	14a	18a	22a	26a	30a	4б	8б	12б	16б	20б	24б	28б	2c
	6c	10c	14c	18c	22c	26c	30c	4г	8г	12г	16г	20г	24г	28г	2a
IV	7a	11a	15a	19a	23a	27a	1б	5б	9б	13б	17б	21б	25б	29б	3c
	7c	11c	15c	19c	23c	27c	1г	5г	9г	13г	17г	21г	25г	29г	3a

Перед проведенням досліджень на багаторазовий згин зразки піддавали спеціальній обробці, а саме розтягуванню з наступним пролежуванням. На основі розвідувальних експериментів виявилось, що оптимальний час витримки зразків в розтягнутому стані (розтягування) складає 168 годин, і 1 година після зняття навантаження для релаксації зразків.

З прикладанням навантаження зразок розтягнеться на певну величину, характерну для даного матеріалу, потім збільшення довжини зразків буде продовжуватися, але наростання її з часом буде сповільнюватися. І через певний час, характерний для кожного матеріалу, деформація припиниться.

Якщо через деякий час зняти навантаження, зразок миттєво скоротиться на деяку величину, і потім поступово буде скорочувати свою довжину до тих пір, поки не дійде до певної постійної величини. Саме цю величину було виміряно.

Попереднє розтягування зразків проводилося на розривній машині РТ-250. Машина має шкалу, на якій записується розривне зусилля, та шкалу відносного видовження зразків.

Дослідження зразків на багаторазовий згин проводилися на приладі МІРМ, що призначений для таких досліджень в природних умовах. Прилад складається з таких основних вузлів: вузол дослідження та вузол привода.

Вузол дослідження складається з 6 пар затискачів рухомих та нерухомих. Рухомі затискачі отримують рух від електродвигуна через редуктор і кривошипно-шатунний механізм, що здійснює зворотно-поступальний рух в вертикальній площині зі швидкістю 200 циклів за хвилину. Для фіксації кількості згинів на приладі є лічильник.

3 групи контрольних зразків відібрано 4 та досліджено їх на машині РТ-250.

3 групи контрольних зразків відібрано 2 і досліджено їх на 0,5 млн циклів, після чого для них визначені розривне навантаження та відносне видовження (таблиця 3).

3 контрольних зразків відібрано 2 і досліджено їх на 1 млн циклів, після чого для них визначені розривне навантаження та відносне видовження (таблиця 3).

Таблиця 2

Результати попереднього розтягування досліджуваних зразків						
Показник		Номер групи зразків				Середнє значення
		I	II	III	IV	
Навантаження P, кгс/см ²	Шкіра ВРХ	32,4	28,7	37,0	28,5	32,5
	Кінська шкіра	27,5	25,6	32,8	24,5	27,6
Абсолютне видовження Δl, мм	Шкіра ВРХ	20	22	25	24	22,5
	Кінська шкіра	25,3	27	31	29,5	28,2

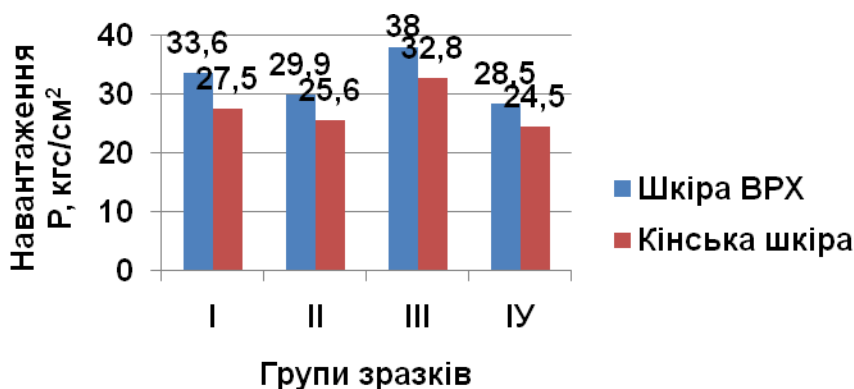


Рис. 1. Навантаження для попереднього розтягування чотирьох груп зразків

З контрольних зразків відібрано 1 і досліджено їх на 2 млн циклів, після чого для них визначені розривне навантаження та відносне видовження (таблиця 3).

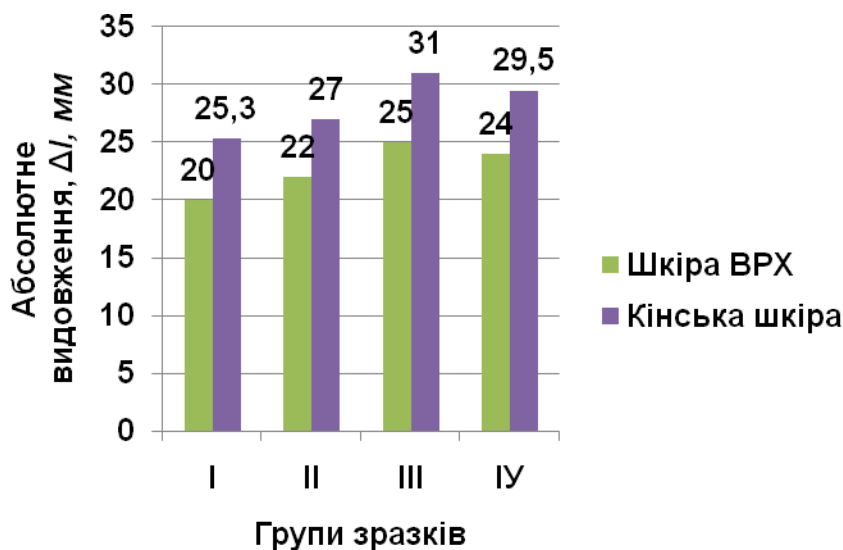


Рис. 2. Абсолютне видовження по групах зразків після попереднього розтягування

Таблиця 3

Результати розривного навантаження та відносного видовження досліджуваних зразків

Кількість циклів згину		Міцність P, кгс	Абсолютне видовження, Δl, мм	Відносне видовження, ε, %
5*10 ⁵	Шкіра ВРХ	39,5	19	40
	Кінська шкіра	32	22	45
1*10 ⁶	Шкіра ВРХ	50	18	36
	Кінська шкіра	40	20,2	40
2*10 ⁶	Шкіра ВРХ	19	28,5	57
	Кінська шкіра	13	29,6	59,2

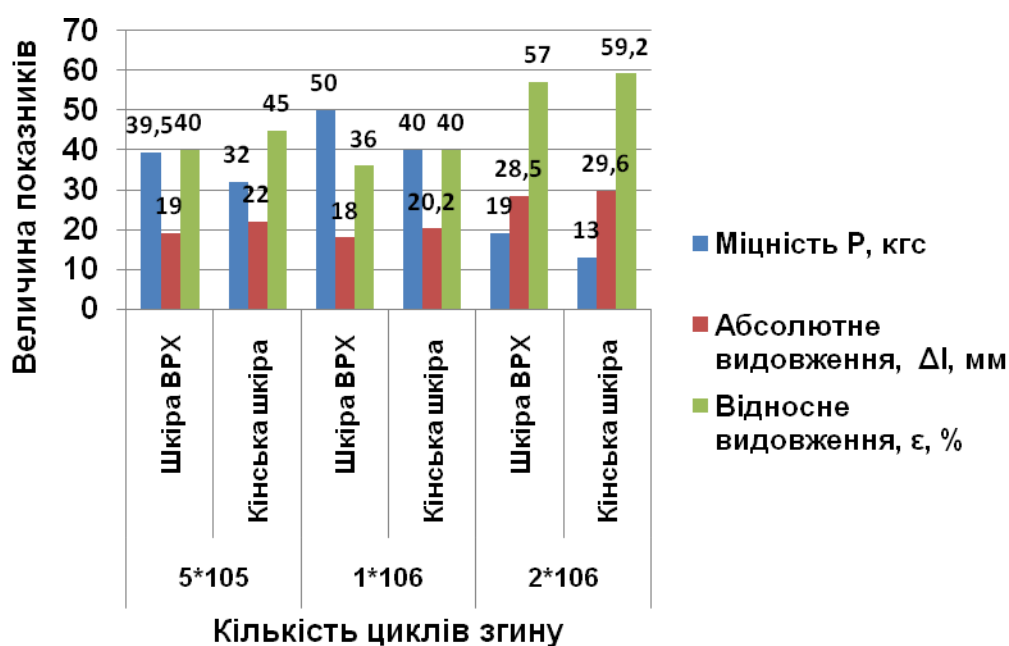


Рис. 3. Показники випробувань контрольної групи зразків (без обробки розтягуванням)

З першої, другої, третьої груп зразків відібрано по одному і попередньо розтягнуто, залишаючи їм відповідно 10%, 20%, 30% деформації. Для фіксації такої деформації зразків їх витримано в розтягнутому стані: час релаксації, визначений експериментально, становить 168 годин.

Підготовлені зразки були поміщені в машину МІРМ і досліджені на багаторазовий згин на 1×10^6 циклів, після чого досліджені на розривній машині РТ-250.

Результати досліджень представлені в таблиці 4

Таблиця 4

Результати фізико-механічних досліджень

Кількість циклів випробувань	Контрольна група			Величина можливої відносної деформації								
				10%			20%			30%		
	$P_{кр}$, кгс	Δl , мм	ϵ , %	$P_{обр}$, кгс	Δl , мм	ϵ , %	$P_{обр}$, кгс	Δl , мм	ϵ , %	$P_{обр}$, кгс	Δl , мм	ϵ , %
Шкіра ВРХ (ялівка легка)												
$5 \cdot 10^5$	39,5	19	40	27,5	24	48	31	25,5	51	38,5	28	56
$1 \cdot 10^6$	50	18	36	33	21	42	31	28,5	57	35	29	58
$2 \cdot 10^6$	19	28,5	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Кінська шкіра												
$5 \cdot 10^5$	32	22	45	20	26,5	53	24,5	28,5	56	30	31,5	62
$1 \cdot 10^6$	40	20,2	40	23	23,2	46,5	24	30	61	25	30	63
$2 \cdot 10^6$	13	29,6	59,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-

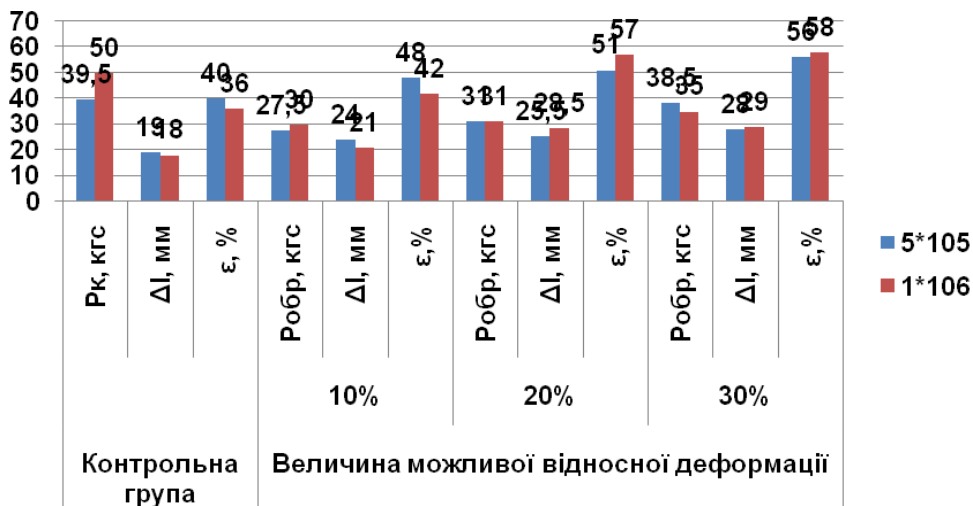


Рис. 4. Показники міцності та подовжень (абсолютного та відносного) шкіри ВРХ (ялівки легкої) після випробувань на багаторазовий згин

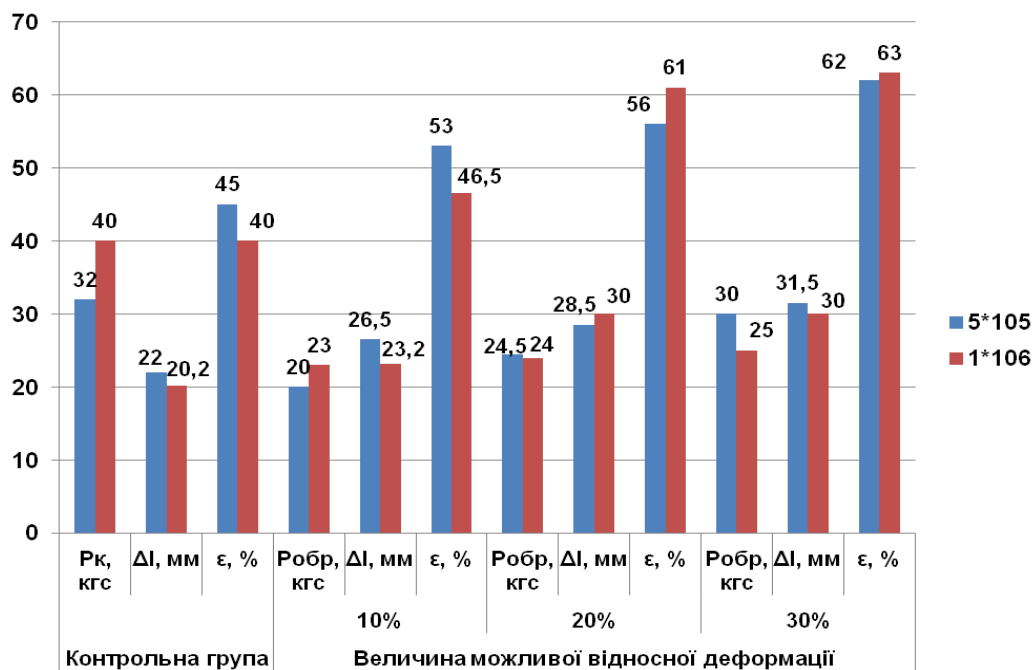


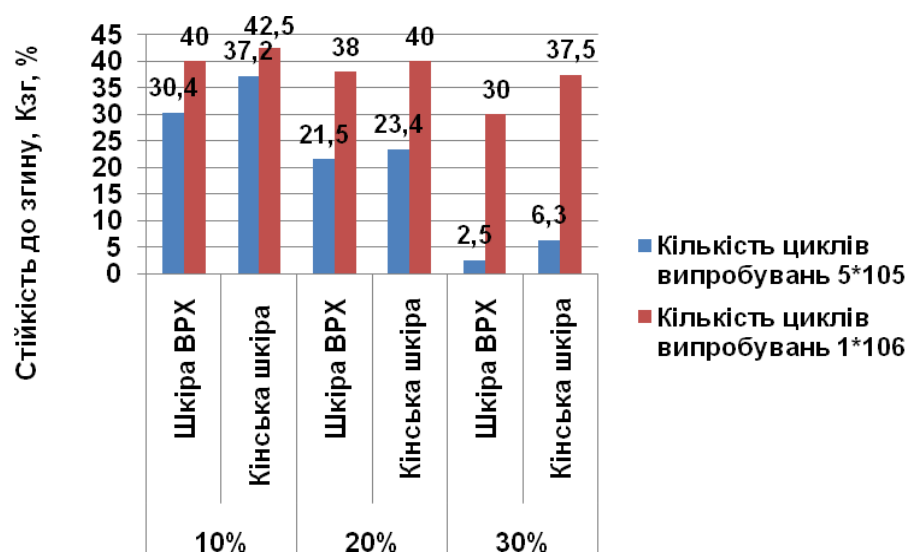
Рис. 5. Показники міцності та подовжень (абсолютного та відносного) кінської шкіри після випробувань на багаторазовий згин

Визначення стійкості до згину – $K_{зг}$:

$$K_{зг} = \frac{P_k - P_{обр}}{P_k} * 100\%$$

Таблиця 5

Кількість випробувань		циклів	Стійкість до згину, $K_{зг}$, %		
			10%	20%	30%
$5 \cdot 10^5$	Шкіра ВРХ		30,4	21,5	2,5
	Кінська шкіра		37,2	23,4	6,3
$1 \cdot 10^6$	Шкіра ВРХ		40	38	30
	Кінська шкіра		42,5	40	37,5

Рис. 6. Стійкість до згину, $K_{зг}$, % для шкіри ВРХ (ялівка легка) та для кінської шкіри

Як підтверджують результати досліджень натуральних шкір хромового методу дублення щодо стійкості до згину, їх міцність шкіри зменшується за рахунок змін у структурі і властивостях шкіри під дією попереднього впливу деформації розтягуванням. Основна причина цього явища полягає в тому, що попереднє розтягнення шкіри, залишаючи відповідно 10%, 20%, 30% можливості деформації, впливає на структуру шкіри, змінюючи кут нахилу пучків волокон, послаблюючи при цьому молекулярні зв'язки, і як результат – попередня деформація погіршує фізико-механічні властивості шкіри, зменшуючи її міцність та стійкість до багаторазового згину. Особливо це важливо для виробників спеціального взуття для військовослужбовців, та вказує на необхідність врахування при виборі матеріалів та технологій виготовлення.

Висновки

В процесі досліджень натуральних шкір хромового методу дублення було встановлено, що міцність шкіри при її попередній деформації знижується.

Чим більше відбирається у зразка здатності до деформації, тим менша стійкість до багаторазового згину, тобто менша міцність.

Початкове збільшення міцності зразків зі збільшенням кількості циклів згину зумовлено ущільненням структури зразків, після чого структурно матеріал зразків слабшає і втрачає міцність. Зміцнення структури спостерігається до моменту випробувань $1 \cdot 10^6$ циклів.

В результаті досліджень впливу деформаційних властивостей натуральної шкіри на її стійкість до багаторазового згину, можна зробити висновок, що:

- попереднє розтягування матеріалів змінює стійкість натуральної шкіри до багаторазового згину;
- зі збільшенням попереднього витягування шкіри стійкість до багаторазового згину знижується;
- при навантаженнях, менших за розривні, натуральна шкіра довгий час (до $1 \cdot 10^6$ циклів згину) працює пружно.

Література

1. Олійникова В. В. Вимоги до матеріалів верху, низу, конструкції та технології виготовлення спеціального взуття / В. В. Олійникова, А. І. Бабич, Я. С. Луканюк, О. В. Марущенко // Легка пром-сть. – 2010. – № 3. – С. 14-15.
2. Рибальченко В. В. Матеріалознавство виробів легкої промисловості. Методи випробувань : навчальний посібник / Рибальченко В. В., Коновал В. П., Дрегуляс Е. П. – К. : КНУТД, 2010. – 395 с.
3. Шкіра. Фізико-механічні випробування : ДСТУ ISO 5404:2007.
4. Гаркавенко С.С. Дослідження фізико-механічних характеристик шкіряних матеріалів при виготовленні і експлуатації виробів [Електронний ресурс] / С.С. Гаркавенко, А.І. Бабич, М.В. Долженко // Технології та дизайн. – 2017. – № 1. – Режим доступу : <http://nbuv.gov.ua/UJR N/td 2017>.
5. Козарь О. П. Оцінка показників формостійкості шкір, модифікованих органічно-мінеральними композиціями / О. П. Козарь, О. Р. Мокроусова, Т. М. Віктор // Наукові нотатки. – Луцьк : ЛНТУ, 2013. – Вип. 41. – С. 135-137.
6. Козарь О. П. Оцінка релаксаційно-деформаційних характеристик шкір для верху взуття, наповнених природними мінералами / О. П. Козарь, О. Р. Мокроусова, В. П. Коновал // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2013. – № 4. – С. 107–115.
7. [Мокроусова О. Р.](#) Формування експлуатаційних властивостей шкіряних матеріалів мінеральними наповнювачами / О. Р. Мокроусова, С. А. Карван, О. П. Козарь // [Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки](#). – 2014. – № 2. – С. 82-88.
8. Взуття спеціальне. Номенклатура показників якості : ДСТУ 3242–95. – [Чинний від 1996–07–01]. – К. : Державний комітет стандартизації, метрології та сертифікації України, 1995. – 22 с. – Національний стандарт України.

References

1. Oliinykova V. V. Vymohy do materialiv verkhу, nyzу, konstrukttsii ta tekhnolohii vyhotovlennia spetsialnoho vzuttia / V. V. Oliinykova, A. I. Babych, Ya. S. Lukaniuk, O. V. Marushchenko // Lehka prom-st. – 2010. – № 3. – S. 14-15.
2. Rybalchenko V. V. Materialoznavstvo vyrobiv lehkoї promyslovosti. Metody vyprobuvan : navchalnyi posibnyk / Rybalchenko V. V., Konoval V. P., Dreghulias E. P. – K. : KNU TD, 2010. – 395 s.
3. Shkira. Fyzyko-mekhanichni vyprobuvannia : DSTU ISO 5404:2007.
4. Harkavenko S.S. Doslidzhennia fyzyko-mekhanichnykh kharakterystyk shkirianykh materialiv pry vyhotovlenni i ekspluatatsii vyrobiv [Elektronnyi resurs] / S.S. Harkavenko, A.I. Babych, M.V. Dolzhenko // Tekhnolohii ta dyzain. – 2017. – № 1. – Rezhym dostupu : <http://nbuv.gov.ua/UJR N/td 2017>.
5. Kozar O. P. Otsinka pokaznykiv formostiikosti shkir, modyfikovanykh orhanichno-mineralnymy kompozytsiiamy / O. P. Kozar, O. R. Mokrousova, T. M. Viktor // Naukovi notatky. – Luts'k : LNTU, 2013. – Vyp. 41. – S. 135-137.
6. Kozar O. P. Otsinka relaksatsiino-deformatsiinykh kharakterystyk shkir dlia verkhу vzuttia, napovnenykh pryrodnymy mineralamy / O. P. Kozar, O. R. Mokrousova, V. P. Konoval // Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu. – 2013. – № 4. – S. 107–115.
7. Mokrousova O. R. Formuvannia ekspluatatsiinykh vlastyvostei shkirianykh materialiv mineralnymy napovniuvachamy / O. R. Mokrousova, S. A. Karvan, O. P. Kozar // Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky. – 2014. – № 2. – S. 82-88.
8. Vzuttia spetsialne. Nomenklatura pokaznykiv yakosti : DSTU 3242–95. – [Chynnyi vid 1996–07–01]. – K. : Derzhavnyi komitet standartyzatsii, metrolohii ta sertyfikatsii Ukrainy, 1995. – 22 s. – Natsionalnyi standart Ukrainy.