

УДК 675.03:678.046:685.34

DOI <https://doi.org/10.37734/2518-7171-2025-3-10>

ЗВОЛОЖЕННЯ НАТУРАЛЬНИХ ШКІР ЕМУЛЬСІЯМИ РОЗЧИННИКІВ ЯК МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ВЗУТТЯ

Т. А. НАДОПТА, кандидат технічних наук, доцент
ORCID ID: 0000-0002-9338-7827;

О. А. МИХАЙЛОВСЬКА, кандидат технічних наук, доцент
ORCID ID: 000-0001-5025-6571;

Г. Є. ЛОБАНОВА, кандидат технічних наук, доцент
ORCID ID: 0000-0002-6192-8131;

Т. В. ІВАНІШЕНА, кандидат технічних наук, доцент
ORCID ID: 0000-0002-3206-9307

(Хмельницький національний університет)

Анотація. У статті досліджено вплив зволоження натуральних шкір емульсіями розчинників на зміну їхніх деформаційних і фізико-механічних властивостей у контексті підвищення якості конструкції взуття. Актуальність дослідження зумовлена зростанням вимог до технологічності та надійності спеціального взуття, яке експлуатується в умовах підвищених механічних і кліматичних навантажень, а також необхідністю адаптації традиційних технологічних процесів до сучасних видів натуральних шкір із модифікованою структурою.

Об'єктом дослідження були зразки натуральних шкір, виготовлених зі шкір великої рогатої худоби, різних методів дублення: комбінованого (хромсинтанного), хромового, а також спилку хромового дублення з лицьовим покриттям. Зразки зволожували у водному та емульсійному середовищах протягом різної тривалості з метою встановлення закономірностей зміни вологості, межі міцності та деформаційних характеристик матеріалу.

У результаті проведених експериментальних досліджень встановлено, що зволоження емульсіями на основі розчинників забезпечує інтенсивніше та рівномірніше підвищення вологості матеріалу порівняно з традиційним водним зволоженням, особливо на початкових етапах процесу. Показано, що застосування емульсійного способу зволоження не призводить до погіршення фізико-механічних властивостей шкір і дозволяє зберігати або покращувати показники міцності та подовження при розриві залежно від виду дублення.

Доведено, що кероване зволоження заготовок верху взуття є ключовим чинником забезпечення стабільності формоутворення, точності складання конструктивних елементів і довговічності готових виробів. Отримані результати підтверджують доцільність використання емульсій розчинників як перспективного методу вологої обробки у технологічних процесах виготовлення спеціального взуття з натуральної шкіри та створюють наукове підґрунтя для обґрунтування оптимальних режимів формування заготовок верху спеціального взуття.

Ключові слова: спеціальне взуття, натуральна шкіра, емульсійне зволоження, формування, конструктивні елементи.

Постановка проблеми. Сучасне взуттєве виробництво характеризується зростанням вимог до точності проектування, забезпечення технологічності конструкції та відповідних показників якості на всіх етапах виготовлення взуття. Зокрема, це актуально при виробництві спеціального взуття, для якого необхідно забезпечити чітко регламентовані показники якості, зокрема, безпеки та надійності [1]. Як відомо, спеціальне взуття експлуатується в умовах підвищених навантажень та агресивного середовища, тому матеріали повинні відповідати не лише експлуатаційним, а й технологічним вимогам. Для такого виду взуття переважно використовують натуральну шкіру як основний матеріал [2]. При розробці нових технологій виготовлення

натуральних шкір основна увага традиційно приділяється підвищенню їх експлуатаційних властивостей, тоді як властивості, що безпосередньо впливають на технологічні процеси виготовлення взуття, часто залишаються недостатньо дослідженими. Водночас якість спеціального взуття перебуває у прямій залежності від якості матеріалів, що зумовлює необхідність їх комплексної оцінки.

Як відомо, одним із важливих способів, які покращують якість та розкривають властивості натуральних шкір є наповнення дерми різними полімерами. Ефект наповнення підсилюється шляхом радіаційної полімеризації структурних наповнювачів. При цьому підвищується зносостійкість матеріалу [3].

Для покращення експлуатаційних властивостей впроваджують нові технології дублення шкір солями цирконію; проводять гідрофобізацію шкір хромового методу дублення, яка полягає в наповненні шкір розчинами або водними емульсіями полімерів. В результаті цього досягається блокування вільних аміногруп колагену, що призводить до зменшення ступеня набухання колагенових волокон і, відповідно, до зменшення (майже в 10 разів) намочуваності шкіри [3]. Після обробки гідрофобізаторами шкіра набуває водонепроникності, але зберігає здатність пропускати пару та інші гігієнічні властивості. Тобто нові технології виготовлення матеріалів змінюють ступінь гідрофільності структурних елементів шкіри. При цьому існуючі способи зволоження заготовки верху взуття, виготовленого з натуральної шкіри, не враховують цих змін, що призводить до того, що при одних і тих самих параметрах зволоження заготовки верху, досягається різна вологість матеріалу. У цьому контексті актуальним є пошук науково-обґрунтованих підходів до зволоження натуральних матеріалів, що дозволяють підвищити якість конструкції взуття та забезпечити довготривалу експлуатацію виробів без втрати їх функціонально-естетичних характеристик. Таким чином, дослідження емульсійного зволоження натуральних матеріалів є важливим і перспективним напрямом для розвитку технологій проєктування та виготовлення спеціального взуття.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналіз наукових публікацій, присвячених технології виготовлення спеціального взуття, свідчить, що більшість існуючих способів зволоження заготовок верху взуття, виготовлених з натуральної шкіри, базуються на застосуванні уніфікованих режимів зволоження, які не враховують структурних і фізико-хімічних змін шкіри, обумовлених сучасними методами дублення та наповнення [4, 5]. Як наслідок, при однакових параметрах зволоження заготовок верху досягається різна фактична вологість матеріалу, що негативно впливає на стабільність технологічного процесу.

Автори [6] відмічають, що нерівномірне або неконтрольоване зволоження призводить до погіршення зовнішнього вигляду деталей верху та зниження якості взуття в цілому.

У наукових працях [7-8] також зазначають, що недостатня пластичність або, навпаки, надмірне зволоження заготовок верху може спричинити розриви матеріалу, утворення зморшок, нерівномірний натяг і погіршення зовнішнього вигляду готового взуття. Це особливо критично для спеціального взуття, де натуральна шкіра використовується як основний конструкційний матеріал і повинна забезпечувати чітко регламентовані показники безпеки та надійності.

Зі збільшенням вологості матеріалу збільшується його повна відносна деформація при розтягуванні. При цьому особливо велика залежність повної деформації від вологості матеріалу проявляється в діапазоні від вологості повітряно сухого зразка до вологості зразка, який містить максимальну кількість гігроскопічної вологи, а при подальшому підвищенні вмісту вологи до максимальної вологості величина повної деформації змінюється несуттєво [9-11].

Видалення вологи зі шкіри супроводжується зміною її фізико-механічних властивостей, зокрема і лінійних розмірів. На характер усадки впливають як форма зв'язку вологи з матеріалом, так і вибрані метод і режими сушіння. Крім того, усадкові напруження залежать від поверхневого натягу рідини і від природи твердого тіла, його здатності до усадок. Найбільша величина усадки (максимальне зменшення лінійних розмірів) при сушінні зразків шкіри хромового дублення відбувається в інтервалі вологості, яка відповідає границі переходу від механічного до фізико-хімічного зв'язку вологи з матеріалом, тобто в інтервалі зміни вологості зразка від максимальної гігроскопічної до адсорбційно-зв'язаної вологи [12].

У сучасних наукових роботах все більшої уваги набувають емульсійні способи зволоження натуральної шкіри. Доведено [13-15], що емульсії здатні забезпечувати більш рівномірний розподіл вологи у структурі матеріалу, знижувати внутрішні напруження та стабілізувати фізико-механічні властивості шкіри. Проте, застосування емульсій саме як інструменту керованого зволоження заготовок верху взуття в контексті підвищення якості конструкції взуття, залишається недостатньо дослідженим.

Формування цілей статті. Мета дослідження полягає у вивченні змін деформаційних властивостей натуральних шкір при впровадженні нових способів зволоження, зокрема емульсіями розчинників, з метою обґрунтування оптимальних параметрів зволоження, що забезпечують підвищення технологічності конструкції взуття та відповідність показників якості для спеціального взуття.

Викладення основного матеріалу дослідження. Як відомо, за технологічним призначенням операції, в яких застосовуються гіротермічні впливи, поділяються на дві основні групи [16]. До першої групи належать операції, спрямовані на надання взуттєвим матеріалам необхідних властивостей для формування, зокрема операції зволоження, волого-теплової заготовки верху взуття. Зазначені операції виконуються безпосередньо перед формуванням або між окремими його етапами та мають вирішальне значення для забезпечення керованої деформації матеріалу без порушення його цілісності.

До другої групи відносяться операції, призначені для надання виробу формостійкості, зокрема сушіння та волого-теплова фіксація форми. Такі операції, як правило, здійснюються після завершення процесу формування заготовки верху взуття та спрямовані на стабілізацію геометричних параметрів виробу та збереження формостійкості в процесі експлуатації.

Особливої актуальності зазначена класифікація операцій набуває при виробництві спеціального взуття, яке експлуатується в умовах підвищених механічних, температурних та вологісних навантажень і повинно відповідати показникам якості щодо безпеки, надійності та довговічності. У цьому контексті операції першої групи, а саме операції зволоження, відіграють ключову роль у формуванні необхідних деформаційних властивостей натуральної шкіри, що використовується як основний матеріал для спеціального взуття. Оптимізація параметрів зволоження дозволяє забезпечити рівномірний розподіл напружень під час формування заготовки верху, знизити ризик виникнення дефектів та підвищити в загальному якість готового виробу.

Зволоження капілярно-пористих тіл, до яких належать і натуральні шкіри, схематично наведено на рисунку 1.

До способів вологої обробки заготовок верху взуття доцільно віднести і спосіб зволоження з використанням емульсій розчинників. На відміну від традиційних методів зволоження рідкою фазою або сорбційним середовищем, застосування емульсій дозволяє вводити вологу в матеріал у контрольованій кількості без істотного порушення його структури та без негативного впливу на фізико-механічні й естетичні властивості заготовки. Наявні наукові дані свідчать, що емульсійне зволоження не супроводжується вимиванням жирів і розчинних речовин, що є характерним недоліком рідинних способів обробки, а отже, не призводить до погіршення властивостей натуральних шкір.

Разом із тим можливість застосування емульсій розчинників для зволоження деталей верху взуття з різних матеріалів, а також їх комбінування з іншими способами зволоження, зокрема сорбційним, відкриває перспективи інтенсифікації процесу вологої обробки. Активація



Рис. 1. Класифікація способів зволоження

Таблиця 1

Порівняльна характеристика методів зволоження заготовок верху взуття з натуральної шкіри

Метод зволоження	Характеристика методу	Переваги	Недоліки
Зволоження рідкою фазою (занурення, під тиском, у вакуумі)	Зволоження шляхом безпосереднього контакту заготовки з рідкою фазою з наступним пролежуванням	Забезпечує можливість зволоження заготовок зі шкір підвищених товщин, що застосовуються у спеціальному взутті	Нерівномірний розподіл вологи через неоднорідність капілярної структури шкіри; вимивання розчинних речовин і жирів; надмірне зволоження окремих деталей; збільшення енергоспоживання на сушіння
Сорбційний	Зволоження шляхом дифузії вологи з пароповітряного середовища у капілярну структуру шкіри	Забезпечує рівномірне обводнення матеріалу; покращує формувальні властивості заготовки; підвищує формостійкість взуття	Високі енерговитрати на пароутворення; значна тривалість процесу; нерівномірність приросту вологи при обробці заготовок пачками
Вакуумно-сорбційний	Поєднання вакуумної обробки та сорбційного зволоження	Інтенсивне і рівномірне зволоження; значне скорочення тривалості процесу; ефективний для шкір підвищених товщин	Складність конструкції обладнання; обмежене впровадження у серійне виробництво

Продовження таблиці 1

Метод зволоження	Характеристика методу	Переваги	Недоліки
Термодифузійний	Зволоження за рахунок термодифузійних явищ при створенні градієнта температур у матеріалі	Висока інтенсивність процесу; можливість регулювання вологості шляхом зміни тривалості обробки; компактність обладнання	Обмежене використання для об'ємних заготовок; негативний вплив теплового навантаження на мікроструктуру шкіри; значні витрати теплової енергії; погіршення умов праці
Зволоження з використанням ПАР (пінна технологія)	Зволоження заготовок піною, отриманою з водних розчинів поверхнево-активних речовин	Дозоване введення вологи і пластифікатора; відсутність вимивання жирів і розчинних речовин; скорочення тривалості сушіння; зменшення енерговитрат; можливість зволоження плоских і об'ємних заготовок; відсутність негативного впливу на мікроструктуру шкіри	Необхідність підбору складу ПАР та оптимізації режимів зволоження для різних видів натуральної шкіри

пароповітряного середовища хімічними реагентами у складі емульсії може сприяти іонізації пари води та прискоренню процесів її поглинання капілярно-пористою структурою натуральної шкіри, що є особливо важливим для забезпечення рівномірності зволоження заготовок.

Водночас, незважаючи на потенційні переваги емульсійного способу зволоження, у науковій літературі недостатньо висвітленими залишаються питання впливу такого способу обробки на зміну деформаційних, формувальних і фізико-механічних властивостей натуральних шкір, зокрема тих, що використовуються у виробництві спеціального взуття. Відсутність системних досліджень у цьому напрямі ускладнює обґрунтування оптимальних параметрів процесу та обмежує можливості його широкого впровадження у виробництво.

У зв'язку з цим для оптимізації параметрів процесу зволоження заготовок верху взуття з використанням емульсій розчинників першочерговим є проведення експериментальних досліджень, спрямованих на встановлення закономірностей зміни властивостей натуральних шкір під впливом такого способу зволоження. Отримані результати є необхідною передумовою для розроблення науково обґрунтованих технологічних процесів виготовлення спеціального взуття, зокрема для визначення оптимальних режимів виконання операцій формування заготовки верху та забезпечення якості готових виробів.

Сучасні натуральні шкіри, зокрема шкіри, виготовлені зі шкур великої рогатої худоби (ВРХ), за оцінками виробників, не завжди відповідають заявленим фізико-механічним властивостям. При виготовленні взуття з таких матеріалів виникають труднощі на етапі формування заготовки на колодці: матеріал важко піддається затягуванню, при цьому може розриватися або надмірно розтягуватися.

Для покращення формоутворення застосовують зволоження, яке полегшує деформацію завдяки зниженню вільної поверхневої енергії матеріалу при введенні вологи. Водночас традиційне зволоження шляхом занурення у водне середовище не завжди забезпечує досягнення необхідних технологічних показників, як було зазначено вище. У зв'язку з цим процес зволоження досліджено із використанням емульсії на основі перхлоретилену, що дозволяє підвищити рівномірність розподілу вологи та керованість деформаційних властивостей матеріалу.

У роботі експериментальні дослідження проводили на зразках різних видів натуральних шкір із ВРХ, вирубаних у формі «лопаточки», відповідно до стандартної методики проведення випробувань.

- I група – ялівка комбінованого (хромсинтанного) методу дублення;
- II група – напівшкірок хромового методу дублення;
- III група – спилок хромового методу дублення з лицьовим покриттям;
- IV група – ялівка хромового методу дублення.

Для визначення зміни вологості зразків (W, %) було обрано чотири групи, які зволожували у водному середовищі (1-4 групи) та в емульсійному середовищі (5-8 групи) протягом 1, 3, 5 і 10 хвилин.

Отримані результати (динаміка зміни вологості зразків різних видів натуральної шкіри, W, %) представлені на рисунках 2-5.

Аналіз отриманих результатів свідчить, що за умови зволоження емульсією розчинника вологість зразків натуральних шкір, незалежно від виду дублення (хромове чи комбіноване хромсинтанне), на початковому етапі процесу зростає більш інтенсивно. Уже через 1 хвилину від початку зволоження рівень вологості зразків в емульсійному середовищі є вищим порівняно

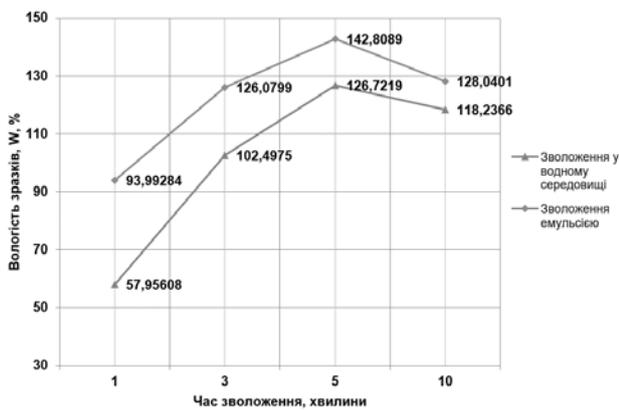


Рис. 2. Зміна вологості зразків натуральної шкіри – ялівки комбінованого (хромсинтанного) методу дублення

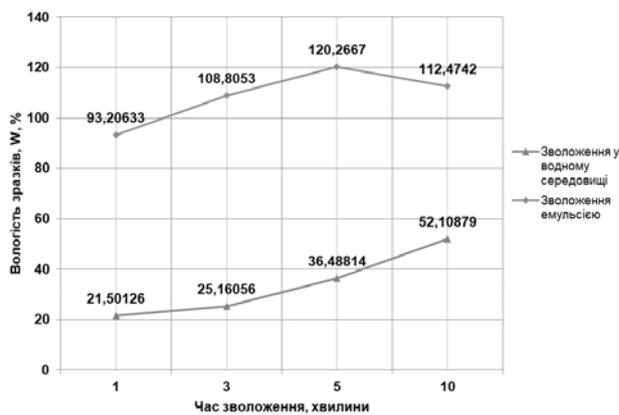


Рис. 3. Зміна вологості зразків натуральної шкіри – напівшкірка хромового методу дублення

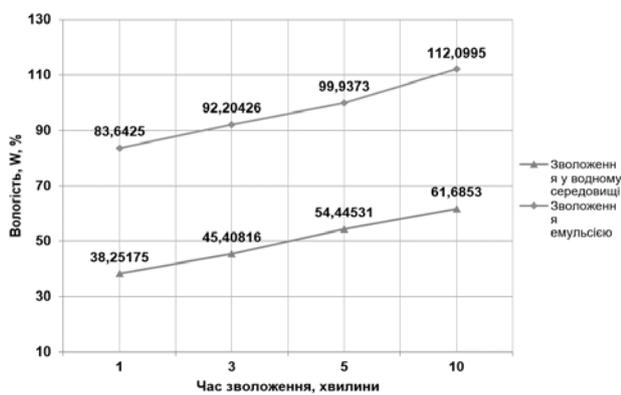


Рис. 4. Зміна вологості зразків натуральної шкіри – спилка хромового методу дублення з лицьовим покриттям

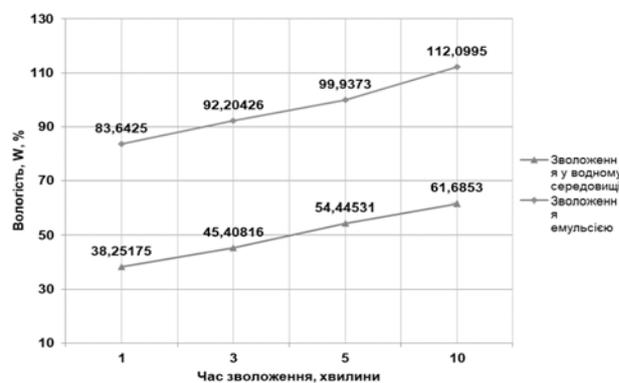
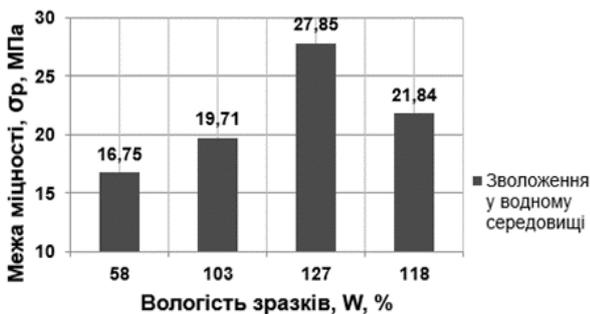


Рис. 5. Зміна вологості зразків натуральної шкіри – ялівки хромового методу дублення



а)



б)

Рис. 6. Межа міцності зразків натуральної шкіри – ялівки комбінованого (хромсинтанного) методу дублення при зволоженні: а) у водному середовищі; б) в емульсійному середовищі

з водним. Різниця між відповідними показниками становить від 28 % для ялівки хромового методу дублення до 72 % для напівшкірка, обробленого за хромовим методом дублення.

Зміни основних деформаційних властивостей натуральних шкір ВРХ залежно від їх вологості під час зволоження у водному та емульсійному (на основі розчинників) середовищах наведено на рисунках 6-9.

Слід підкреслити, що для групи зразків напівшкірка та ялівки хромового методу дублення зі збільшенням вологості спостерігається зростання межі міцності як у випадку зволоження у водному середовищі, так і в емульсійному середовищі. Водночас для напівшкірка хромового методу дублення під час зволоження у водному середовищі нормативне значення міцності (16 МПа) досягнуте не було.

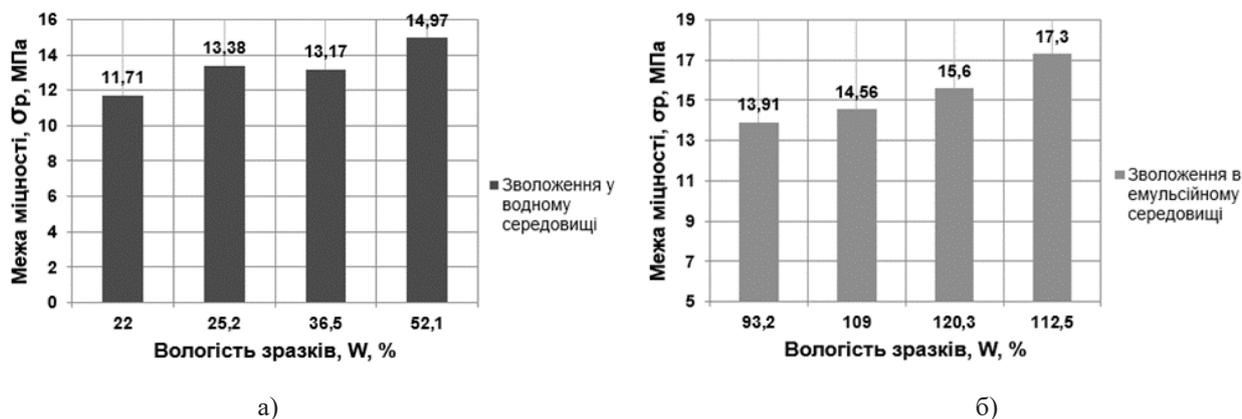


Рис. 7. Межа міцності зразків натуральної шкіри – напівшкірка хромового методу дублення при зволоженні: а) у водному середовищі; б) в емульсійному середовищі

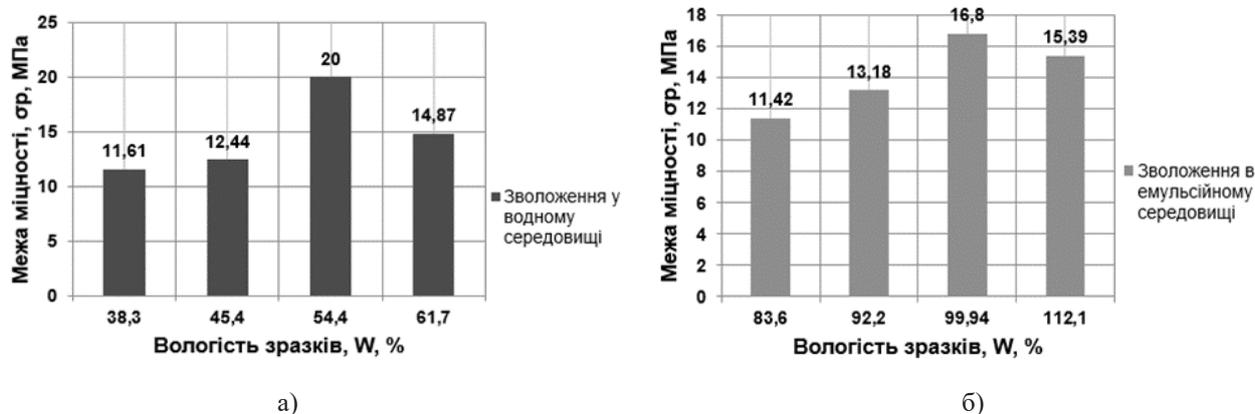


Рис. 8. Межа міцності зразків натуральної шкіри – спилка хромового методу дублення з лицьовим покриттям при зволоженні: а) у водному середовищі; б) в емульсійному середовищі

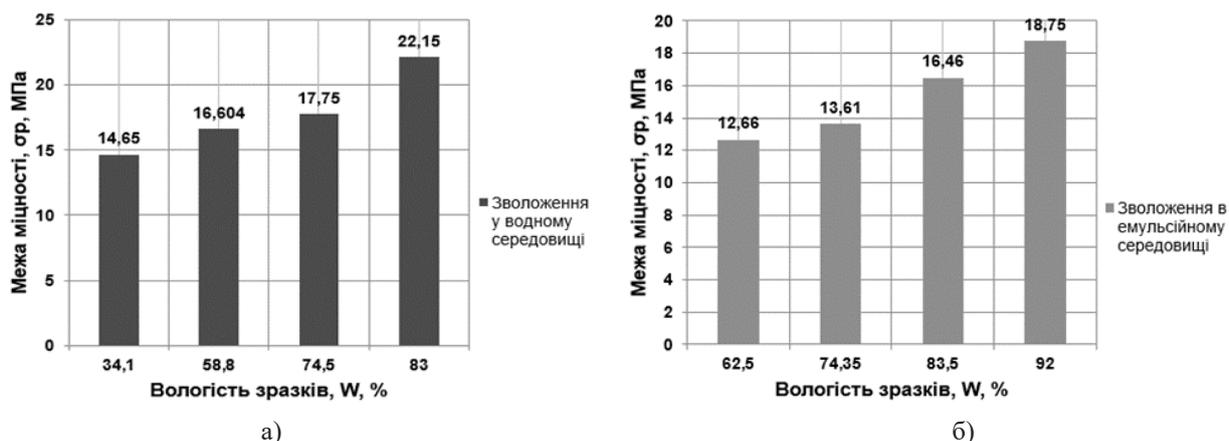


Рис. 9. Межа міцності зразків натуральної шкіри – ялівки хромового методу дублення при зволоженні: а) у водному середовищі; б) в емульсійному середовищі

Для груп зразків натуральної шкіри, зокрема ялівки комбінованого (хромсинтанного) дублення та спилка хромового дублення з лицьовим покриттям, показники міцності при розриві спочатку підвищуються (до 5-ї хвилини зволоження), після чого починають знижуватися. Така динаміка зумовлена особливостями їхньої структури, а також тим, що надмірне зволоження спричиняє розсування елементів

структури полімеру молекулами елементів середовища зволоження.

Водночас зразки ялівки комбінованого (хромсинтанного) дублення демонструють найвищі значення міцності серед усіх досліджуваних груп. Слід врахувати, що межа міцності при розриві не є прямим показником якості матеріалу, оскільки вона визначається структурою шкіри, її пористістю, наявністю полімерних наповнювачів та здатністю структурних

елементів до орієнтації. Надмірно високі значення міцності також небажані, адже зазвичай супроводжуються низьким відносним подовженням, що може спричинити розриви та утворення тріщин під час формування виробу.

Проведені дослідження свідчать, що напівшкірок хромового дублення характеризується низькою змочуваністю волокон у водному середовищі, проте добре поглинає вологу в емульсійному середовищі. Це дає підстави припускати, що під час його виробництва до структури матеріалу могли бути введені полімерні компоненти.

Встановлено, що серед усіх досліджуваних груп натуральних шкір найвищі показники міцності характеризують зразки ялівки, виготовлені за комбінованим (хромсинтанним) методом дублення, які також демонструють найбільші значення подовження при розриві. Високими показниками міцності, що відповідають нормативним вимогам для даного виду шкір, а також значеннями подовження при розриві, відзначається і група зразків ялівки хромового методу дублення. Зазначена закономірність є характерною як для зразків, зволожених у водному середовищі, так і для зразків, оброблених емульсійним способом.

Таким чином, між деформаційними властивостями шкіри та технологічними процесами виготовлення взуття існує чіткий взаємозв'язок: саме вихідні характеристики матеріалу визначають межі його технологічної придатності та впливають на вибір оптимальних параметрів виконання виробничих операцій.

Отже, у результаті проведених досліджень встановлено, що зволоження натуральних шкір емульсіями на основі перхлоретилену є більш ефективним порівняно з традиційним водним

зволоженням, оскільки забезпечує інтенсивніше та швидше підвищення вологості матеріалу на початкових етапах процесу незалежно від виду дублення. Досліджено, що застосування емульсійного зволоження не погіршує фізико-механічних властивостей шкір: найвищі показники міцності та подовження при розриві характерні для ялівки комбінованого (хромсинтанного) методу дублення, тоді як шкіри хромового дублення також відповідають нормативним вимогам. Отримані результати підтверджують доцільність використання емульсійного способу зволоження для підвищення керованості формоутворення та стабільності експлуатаційних властивостей натуральних шкір у технологічних процесах взуттєвого виробництва.

Разом із тим, ефективність вологої обробки заготовок верху доцільно розглядати не ізольовано, а в контексті її впливу на конструктивну цілісність взуття в цілому.

Конструктивні складові елементи спеціального взуття – заготовка верху, включаючи формоутворюючі каркасні деталі (задник і підносок); основна устілка; підошва, та шви, що їх з'єднують, – утворюють інтегровану систему, від стабільності та взаємодії складових якої залежить експлуатаційна надійність виробу. Особливо важливим є контрольована волога обробка заготовок верху такого взуття з натуральної шкіри, оскільки нерівномірність розподілу зволожуючих речовин може призводити до нерівномірності деформацій матеріалу, і як результат – до дефектів формування, що в свою чергу, може призвести до зниження точності взаємного розташування елементів конструкції взуття, руйнування швів при формуванні заготовки на колодці та в процесі експлуатації,

Таблиця 2

Конструктивні елементи спеціального взуття, їх функціональне призначення та характер впливу вологої обробки на якість взуття

Елемент	Функція в конструкції	Вплив вологої обробки
Заготовка верху, задник і підносок	Формування зовнішнього вигляду взуття, захист стопи, комфортність взуття	Нерівномірне зволоження локальні нерівномірні деформації, зміщення швів, перекіс каркасних деталей, невідповідність зовнішнього вигляду взуття задуму модельєра-конструктора
	Підтримка форми взуття, стабілізація верху	Деформації заготовки верху нерівномірне навантаження на каркасні деталі заготовки верху, зниження стабільності, комфортності та захисних властивостей взуття
Підошва, основна устілка	Передача навантажень на поверхню, амортизація, комфорт	Перекіс верху деформуючі напруження підошви та основної устілки, зниження комфорту та довговічності
Шви та кріплення	Забезпечення цілісності та міцності конструкції	Зміна положення з'єднання деталей верху, нерівномірність пластичності матеріалу зменшення точності швів та їх міцності, зниження міцності кріплення верху взуття з низом

невідповідності кінцевого зовнішнього вигляду взуття задуму модельєра-конструктора.

У таблиці 2 наведено конструктивні елементи спеціального взуття, їх функціональне призначення та характер впливу вологої обробки на стабільність і взаємодію складових елементів конструкції.

Висновки. Встановлено, що якість спеціального взуття, яке експлуатується в умовах підвищених навантажень, значною мірою визначається технологічними властивостями матеріалів заготовки верху, зокрема натуральної шкіри.

Показано, що традиційні способи зволоження заготовок верху взуття не завжди забезпечують рівномірний розподіл вологи в капілярно-пористій структурі натуральної шкіри, що призводить до нестабільності деформаційних властивостей матеріалу, виникнення дефектів формування та погіршення формостійкості готових виробів, що є критичним для спеціального взуття.

Обґрунтовано доцільність застосування емульсійного зволоження як перспективного методу

вологої обробки заготовок верху спеціального взуття, який дозволяє здійснювати дозоване введення вологи без вимивання жирів і розчинних речовин, зберігаючи фізико-механічні та експлуатаційні властивості натуральної шкіри.

Комплексний аналіз взаємодії конструктивних елементів спеціального взуття показав, що саме заготовка верху є ключовою ланкою, через яку реалізується вплив технології вологої обробки на конструктивну цілісність виробу в цілому. Застосування емульсійного зволоження сприяє підвищенню стабільності форми, точності складання та довговічності спеціального взуття в умовах підвищених експлуатаційних навантажень.

Отримані результати обґрунтовують доцільність впровадження емульсійного способу зволоження у технологічні процеси виробництва спеціального взуття з натуральної шкіри з метою підвищення якості, експлуатаційної надійності та відповідності готових виробів сучасним ергономічним вимогам.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Михайловська О., Надопта Т. Показники якості для спеціального взуття військового призначення. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2023. № 3 (320) : Технічні науки. С. 191–197. DOI: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2023-321-3-348-354>
2. Надопта Т., Скиба М. Принципи керованості технологічного процесу виготовлення спеціального взуття. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2025. № 2 (349) : Технічні науки. С. 523–527. DOI: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-349-77>
3. Данилкович А. Основні матеріали і технології виробництва шкіри: навч. посіб. Київ : Видавництво «Фенікс», 2016. 175 с.
4. Kopitar D., Bosnjak F. Z., Akalovic J., Skenderi Z. Thermophysiological properties of bovine leather in dependence on the sampling point, tanning and finishing agents *Research Gate. Journal of Industrial Textiles*. 2022. URL: https://www.researchgate.net/publication/363092071_Thermophysiological_properties_of_bovine_leather_in_dependence_on_the_sampling_point_tanning_and_finishing_agents.
5. Kanagaraj J., Panda R., Kumar M V. Trends and advancements in sustainable leather processing: Future directions and challenges – a review. *Research Gate. Journal of Environmental Chemical Engineering*. 01.08.2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104379>
6. Степик Ю. Товарознавчі дослідження натуральної шкіри як складової управління якістю взуттєвими матеріалами. *Економіка і регіон*. 2025. № 1 (96). С. 140–147. URL: [https://doi.org/10.26906/EiR.2025.1\(96\).3757](https://doi.org/10.26906/EiR.2025.1(96).3757).
7. ISO 20344:2011(E). Personal protective equipment – test methods for footwear. [Чинний від 01.12.2011]. Geneva : *iTeh STANDARD PREVIEW*, 2011. 15 с.
8. Kopitar D., Zuvela Bosnjak F., Akalović J., Skenderi Z. Thermophysiological and mechanical properties of bovine leather depending on tanning and finishing processes. *Journal of Industrial Textiles*. 2022. Vol. 51(Suppl.), pp. 8906S–8924S.
9. Гурин В., Востріков В., Кузьмич Л. Основи промислових технологій і матеріалознавства. Рівне : НУВГП, 2019. 310 с.
10. Covington A. D., Wise W. Tanning Chemistry: The Science of Leather (2nd Edition). *Royal Society of Chemistry* 2019. 685 с.
11. Первая Н. В., Андреева О. А. Дослідження нових хімічних матеріалів для рідинного оздоблення шкіри. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. 2020. № 1 (142). С. 71–85.
12. S.J.R. Kelly, R. Weinkamer, L. Bertinetti, R.L. Edmonds, K.H. Sizeland, H.C. Wells, P. Fratzi, R.G. Haverkamp. Effect of collagen packing and moisture content on leather stiffness. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. Volume 90. 2019. Pages 1-10. ISSN 1751–6161. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2018.10.004>.
13. Md. Abdur Razzaq, Chadni Lyzu, Sahana Parveen, Md. Tushar Uddin, Md. Aftab Ali Shaikh, Murshid Jaman Chowdhury, A. H. M. Shofiul Islam Molla Jamal, Muhammad Abdullah Al-Mansur. Fatliquor for fungus resistant leather – a sustainable ecofriendly approach. *Heliyon*. Volume 10, Issue 11. 2024. e31598. ISSN 2405-8440. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31598>
14. Adachukwu N. Nkwor, Pius O. Ukoha. Evaluation of the leather fatliquoring potential of sulphonated Afzelia africana aril cap oil. *Heliyon*. Vol. 6. Iss. 1. 2020. e03009. ISSN 2405-8440. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03009>.

15. Данилкович А. Г., Романюк О. О. Формування шкіряних і хутрових матеріалів спеціального призначення : монографія / за редакцією А. Г. Данилковича. Рига, Латвія : SIA "Izdevniecība "Baltija Publishing", 2021. 198 с.

16. Основи технології виробів. Технологічні процеси : навч. Посіб. / А. Б. Домбровський та ін. Хмельницький : ХНУ, 2019. 122 с.

REFERENCES

1. Mykhailovska, O., Nadopta, T. (2023). Pokaznyky yakosti dlia spetsialnogo vztuttia viiskovoho pryznachennia [*Quality indicators for special military footwear*]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnogo universytetu – Bulletin of Khmelnytskyi National University*. (3 320) : Series: Technical Science. (pp. 191–197) [in Ukrainian].

2. Nadopta, T., Skyba, M. (2025). Pryntsypy kerovanosti tekhnolohichnoho protsesu vyhotovlennia spetsialnogo vztuttia [*Principles of control of the technological process of manufacturing special footwear*]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnogo universytetu – Bulletin of Khmelnytskyi National University*. (2 349) : Series: Technical Science. (pp. 523–527). Retrieved from: <https://elar.khmnmu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/5fccd352-311f-4488-ad92-c155504dbd6d/content>.

3. Danylkovych, A. (2016). Osnovni materialy i tekhnolohii vyrobnytstva shkiry [*Basic materials and technologies for leather production*]. Kyiv: Vydavnytstvo «Feniks» [in Ukrainian].

4. Kopitar, D., Bosnjak, F. Z., Akalovic, J., Skenderi, Z. (2022) Thermophysiological properties of bovine leather in dependence on the sampling point, tanning and finishing agents *Research Gate. Journal of Industrial Textiles*. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/363092071_Thermophysiological_properties_of_bovine_leather_in_dependence_on_the_sampling_point_tanning_and_finishing_agents

5. Kanagaraj, J., Panda, R., Kumar, M V. (2020). Trends and advancements in sustainable leather processing: Future directions and challenges – a review. *Research Gate. Journal of Environmental Chemical Engineering*. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/343688356_Trends_and_advancements_in_sustainable_leather_processing_Future_directions_and_challenges_-_A_review.

6. Stetsyk, Yu. (2025). Tovaroznavchii doslidzhennia naturalnoi shkiry yak skladovoi upravlinnia yakistiu vztuttievymy materialamy [*Commodity research on genuine leather as a component of quality management of shoe materials*]. *Ekonomika i rehion*. (1 96). (pp. 140-147). Available at: [https://doi.org/10.26906/EiR.2025.1\(96\).3757](https://doi.org/10.26906/EiR.2025.1(96).3757). [in Ukrainian].

7. Personal protective equipment – test methods for footwear. (2011). ISO 20344:2011(E) [from 27 th december 2011. Geneva : iTeh STANDARD PREVIEW, 15 p.

8. Kopitar, D., Zuvela Bosnjak, F., Akalović, J., Skenderi, Z. (2022). Thermophysiological and mechanical properties of bovine leather depending on tanning and finishing processes. *Journal of Industrial Textiles*, Vol. 51(Suppl.), pp. 8906S–8924S.

9. Huryn, V., Vostrikov, V., Kuzmych, L. (2019). Osnovy promyslovykh tekhnolohii i materialoznavstva [*Fundamentals of industrial technology and materials science*]. Rivne : NUVHP [in Ukrainian].

10. Covington, A. D. & Wise, W. (2019). Tanning Chemistry: The Science of Leather (2nd Edition). *Royal Society of Chemistry*. – 685 p.

11. Pervaia, Nataliia & Andreieva, O. (2020). Doslidzhennia novykh khimichnykh materialiv dlia ridynnoho ozdoblennia shkiry [*Research on new chemical materials for liquid leather finishing*] – *Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design*. Series: Technical Science [in Ukrainian]. 142. (pp. 71-85). 10.30857/1813-6796.2020.1.7.

12. Kelly, S.J.R., Weinkamer, R., Bertinetti, L., Edmonds, R.L., Sizeland, K.H., Wells, H.C., Fratzi, P., Haverkamp, R.G. (2019). Effect of collagen packing and moisture content on leather stiffness. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. Volume 90. (pp 1-10). ISSN 1751-6161. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.jmbm.2018.10.004>.

13. Razzaq, Md. A., Lyzu, Ch., Parveen, S., Uddin Md. T., Shaikh Md. A. A., Chowdhury, M. J., Jamal, A. H. M. Sh. I. M., Al-Mansur, M. A. (2024). Fatliquor for fungus resistant leather – a sustainable ecofriendly approach. *Heliyon*. Volume 10, Issue 11. e31598. ISSN 2405-8440. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31598>

14. Adachukwu, N. Nkwor, Pius O. Ukoha. (2020). Evaluation of the leather fatliquoring potential of sulphonated Afzelia africana aril cap oil. *Heliyon*. Volume 6. Issue 1. e03009. ISSN 2405-8440. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03009>.

15. Danylkovych, A. H., Romaniuk, O. O. (2021). Formuvannia shkirianykh i khutrovyykh materialiv spetsialnogo pryznachennia [*Forming leather and fur materials for special purposes*]: monohrafiia. Ryha, Latviia : SIA «Izdevniecība «Baltija Publishing» [in Ukrainian].

16. Dombrovskiy, A. B., Lobanova, H. Ye., Mykhailovska, O. A., Soltyk, I. T. (2019). Osnovy tekhnolohii vyrobiv. Tekhnolohichni protsesy [*Fundamentals of product technology. Technological processes*]. Khmelnytskyi : KhNU [in Ukrainian].

T. Nadopta, PhD, Associate Professor; O. Mykhailovska, PhD, Associate Professor; H. Lobanova, PhD, Associate Professor; T. Ivanishena, PhD, Associate Professor (Khmelnytskyi National University). Moisturizing natural leathers with solvent emulsions as a method of improving the quality of footwear construction

Abstract. The article investigates the effect of moisturizing natural leathers with solvent emulsions on changes in their deformation and physical-mechanical properties in the context of improving footwear construction quality. The relevance of the study is determined by the increasing requirements for manufacturability and reliability of

special footwear operated under conditions of increased mechanical and climatic loads, as well as by the need to adapt traditional technological processes to modern types of natural leather with modified structure.

The object of the research was samples of natural leather produced from bovine hides using different tanning methods, including combined (chrome-synton), chrome tanning, and chrome-tanned split leather with a finished surface. The samples were moisturized in water and emulsion media for various durations in order to determine the regularities of changes in moisture content, tensile strength, and deformation characteristics of the material.

As a result of the experimental studies, it was found that moisturizing with solvent-based emulsions provides a more intensive and uniform increase in moisture content compared to traditional water moisturizing, especially at the initial stages of the process. It was shown that the use of the emulsion moisturizing method does not deteriorate the physical-mechanical properties of leather and allows maintaining or improving strength and elongation at break depending on the tanning method.

It has been proven that controlled moisturizing of footwear uppers is a key factor in ensuring the stability of shape formation, the accuracy of assembling structural elements, and the durability of finished products. The obtained results confirm the feasibility of using solvent emulsions as a promising method of wet processing in technological processes of manufacturing special footwear made of natural leather and form a scientific basis for substantiating optimal regimes for shaping footwear uppers.

Key words: *special-purpose footwear; natural leather; emulsion-based moisturizing; forming; structural elements.*

Дата першого надходження статті до видання: 08.11.2025

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 02.12.2025

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.12.2025