

**ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОДИСПЕРСНОГО ОКСИДУ КРЕМНІЮ В
ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ШКІРЯНОГО НАПІВФАБРИКАТУ**

Визначено вплив високодисперсного оксиду кремнію (II) на властивості наповнювальної композиції для шкіряного напівфабрикату хромового дублення. Встановлено оптимальну витрату високодисперсного оксиду кремнію (II) в композиції для наповнювання, яка забезпечує необхідний комплекс фізико-хімічних і санітарно-гігієнічних властивостей еластичних шкіряних матеріалів для виготовлення швейних виробів і верху взуття.

Ключові слова: шкіряний напівфабрикат, композиція для наповнювання, структура дерми, властивості шкіри.

A.H. DANYLKOVIYCH, S.O. BILINSKIY, A.YU. KUDZIEVA
Kyiv National University of Technologies and Design

USE OF HIGHLY DISPERSE SILICON OXIDE IN MANUFACTURING TECHNOLOGY OF LEATHER SEMIS

The purpose of the work is the determination of high disperse silicon oxide influence on the properties and filling of wet-blue leather during the production of elastic leather materials. The process of filling wet-blue leather with the using highly dispersed silicon dioxide (II) during the production materials for garments and shoe uppers was researched. In the paper determined the effect of filling composition on complex of physical and mechanical properties, and hygienic quality of elastic leather materials. In particular, strength and water vapour permeability of filled leather exceed a control example to 10,5-12,0 and 25,0-30,0%. The resulting filled leather according to their properties is responsible to leather material for garment by state standard 3115-95, the international standard for the leather uppers 939-88 and international standard quality management system «ISO 9001: 2008." Therefore, the optimum consumption of high disperse SiO₂ in filling composition was determined. It provides required complex of physical chemical as well as sanitary and hygienic properties of elastic leather materials.

Keywords: semi-finished leather, composition for filling, structure of a derma, skin properties.

Вступ

Сучасне виробництво полі функціональних шкіряних матеріалів вимагає суттєвого удосконалення існуючих і розробки інноваційних технологій з використанням нових реагентів і матеріалів. Поряд з цим, в зв'язку з багатостадійністю технологій переробки натуральної сировини виникає необхідність підвищення ефективності окремих процесів, пов'язаних з попередніми і наступними обробками в технологічному циклі виробництва шкіряного матеріалу. Враховуючи певну техногенність і значну матеріалоемію виробництва суттєвим аспектом цієї проблеми є раціональна витрата технологічних матеріалів на основі науково обґрунтованих умов їх використання. Зважаючи на те, що в існуючих технологіях використовується значна кількість реагентів і матеріалів виробництва закордонних фірм, що суттєво підвищує собівартість шкіряної продукції, актуальним є розробка нових вітчизняних матеріалів та дослідження умов їх ефективного використання, зокрема в післядубильних процесах.

Технологія виробництва шкіряних матеріалів передбачає проведення широкого комплексу колоїдно-хімічних процесів з використанням синтетичних природних реагентів і механічних операцій, особливості яких суттєво залежать від їх цільового призначення [1, 2]. Відомо застосування в технологіях виготовлення еластичного шкіряного напівфабрикату на стадії наповнювання гідрофільних полімерів поліакрилового ряду в композиціях з іншими реагентами [3, 4]. Завдяки цьому матеріал ущільнюється, збільшується його товщина, міцність і пружність та зменшується нерівномірність за площею. Автори роботи [5] показали, що використання водної емульсії кополімеру бутилакрилату і стиролу забезпечує формування шкіряних матеріалів з підвищеною термостійкістю, міцністю та еластичністю.

Ефективне формування складної ієрархічної структури колагену дерми шкіряного напівфабрикату на стадії додублювання-наповнювання вимагає використання комплексу реагентів певного хімічного складу. При цьому кожен з інгредієнтів виконує певну колоїдно-хімічну функцію, а саме забезпечується дифузія компонентів робочого розчину аж до мікрофібрилярного рівня, що сприятиме збереженню структури шкіряного напівфабрикату в диспергованому стані після видалення вологи при сушінні. Використання композиції до складу якої входять азотмісткі гідрофільні полімери і акрилова емульсія А [6] забезпечить підвищення стійкості шкіряного матеріалу до тертя, міцності, еластичності та зниження скорочення напівфабрикату при його оздобленні. Композиція білкового гідролізату, глутарового альдегіду і танідів забезпечує формування матеріалу високої якості [7] при зменшенні техногенного впливу на навколишнє середовище. Для отримання шкіряного матеріалу з високими пружно-пластичними характеристиками використовуються наповнювальні композиції, до складу яких входять таніди [8, 9]. При цьому процес наповнення суміщається з жируванням.

Останні роки при виробництві шкіряних матеріалів в наповнювальних композиціях використовують мінеральні реагенти природного походження [1, 10, 11]. Показана доцільність використання для наповнювання шкіряного напівфабрикату хромового дублення модифікованого бентоніту з вмістом 85 % монтморилоніту. При цьому встановлено підвищення рівня формування об'єму дерми, виходу площі шкір, фізико-механічних і деформаційних характеристик. Використання композиції модифікованого бентоніту поліфосфатом натрію з витратою 2–4 % маси струганого напівфабрикату [12, 13] дозволяє суттєво підвищити товщину і об'ємний вихід шкіряного матеріалу та збільшити його площу до 104,8–105,7 %

порівняно з варіантом без бентоніту. Композиція, що включає Na-монтморилоніт, кополімер акрилової кислоти, альдегід та сульфат хрому при додублюванні-наповнюванні [14–17] дає змогу підвищити товщину матеріалу, його міцність при розтягуванні, продавлюванні кулькою та надриві. Введення лігносульфонату натрію в дисперсію бентоніту [18] забезпечує вирівнювання товщини за топографічними ділянками напівфабрикату, зменшення його скорочення та підвищення виходу площі готового матеріалу.

Використання композиції для додублювання-наповнювання напівфабрикату хромового дублення [19–21], що включає монтморилоніт і поліакрилову кислоту, дозволяє формувати шкіри з гладкою лицьовою поверхнею і приємним грифом. Аналіз фізико-механічних властивостей шкір указує на підвищення орієнтаційної здатності волокон структури матеріалу при деформації.

Відомо використання мінералу цеоліту в композиції для наповнювання шкіряного напівфабрикату [22–24]. При цьому ущільнюється макропориста структура дерми, збільшується наповненість периферійних ділянок шкіряного напівфабрикату і, відповідно, товщина готової шкіри, але зменшується вихід її площі.

Отже, в процесах дублювання-наповнювання шкіряного напівфабрикату може використовуватись широкий асортимент природних мінеральних реагентів різної хімічної структури з відповідним комплексом колоїдно-хімічних властивостей. При цьому поверхня їх частинок попередньо модифікується або в процесі приготування робочої композиції. Ефективність застосування таких композицій в основному визначається їх хімічним складом. В зв'язку з цим розробка нових наповнювальних-додублювальних композицій та їх складів з використанням високодисперсного синтетичного оксидного інгредієнту може мати значне наукове і практичне значення.

Метою роботи є встановлення впливу високодисперсного оксиду кремнію на процес наповнювання і властивості шкіряного напівфабрикату хромового дублення при виготовленні еластичних шкіряних матеріалів.

Матеріали і методи

Для встановлення впливу оксиду кремнію на формування шкіряного матеріалу з сировини великої рогатої худоби (ВРХ) мокро соленого консервування – ялівки середньої у роботі використано шкіряний напівфабрикат хромового дублення (НХД) товщиною 1,5–1,6 мм у виді симетричних полос розміром 10×75 см, розділених на три зразки і пронумерованих від хребтової лінії. Досліджуваний напівфабрикат отриманий в умовах публічного АТ «Чинбар» (м. Київ) за методикою виробництва шкір для верху взуття цього підприємства. Зразки напівфабрикату використовувались після віджимання і стругання.

Процес наповнювання напівфабрикату виконували після промивання і нейтралізації зразків до рН 5,4 за індикатором бромкрезоловим зеленим у поліетиленових ємностях об'ємом 1 дм³ при співвідношенні робочий розчин / напівфабрикат 1,2 / 1,0, витраті наповнювальної композиції 11 % маси напівфабрикату, температурі 28–30 °С і постійному обертанні у вертикальній площині зі швидкістю 18–20 хв⁻¹ на установці (рис. 1).

До складу наповнювальної композиції входили хімічні матеріали:

- трупон DL (фірма Трумпер, Німеччина) як електролітостійкий жирувальний реагент;
- релуган D (фірма БАСФ, Німеччина) як продукт конденсації на основі меламіну із сухим залишком 96 %;
- трупотан G (фірма Трумплер, Німеччина) з вмістом активної речовини 93 %, отриманий на основі фенольних сполук і має негативний заряд;
- екстракт квебрахо (Китай) з 85 % вмістом танідів та 5–6 % золи від маси сухої речовини, доброякісність ~ 85 %.

- високодисперсний оксид кремнію (II) марки А-300 виробництва Калушського хіміко-металургічного комбінату за ліцензією фірми Degussa (Німеччина в м. Калуш Івано-Франківської області (Україна) розміром його проточастинок 1–2 нм, первинних частинок 4–50 нм. та питомою поверхнею 50–380 м²/г [25].

Аеросил А-300 використовувався в суміші з жирувальною емульсією трупон DL. Через 10 хв. обробки напівфабрикату в робочий розчин додавали продукт конденсації на основі меланіну – релуган D, а ще через 10 хв. диспергатор танідів – трупотан G і екстракт квебрахо. Загальна тривалість процесу наповнювання-додублювання тривала 150 хв. Зразки наповненого напівфабрикату всіх варіантів обробки піддавали жируванню з витратою жирувального реагенту трупон DL 7 % маси напівфабрикату. Процес наповнювання шкіряного напівфабрикату завершували при рН 4,0–4,2. Наступні технологічні процеси і операції наповнювання-додублювання шкіряного напівфабрикату виконували за технологією ПАТ Чинбар».

Дослідження хімічного складу наповненого напівфабрикату та його фізико-механічні випробування проводили за методикою [26]. Механічні показники отриманих шкіряних матеріалів визначали на розривній машині РТ-250М при швидкості деформування зразків 90 мм/хв. і приладі для визначення жорсткості ПЖУ-12М. Санітарно-гігієнічні властивості – повітропроникність і паропроникність оцінювали відповідно на приладі для визначення повітропроникності та ексікаторним методом при температурі 20–21 °С. Об'ємний вихід і пористість шкіряного напівфабрикату – за відношенням об'єму напівфабрикату наповненого

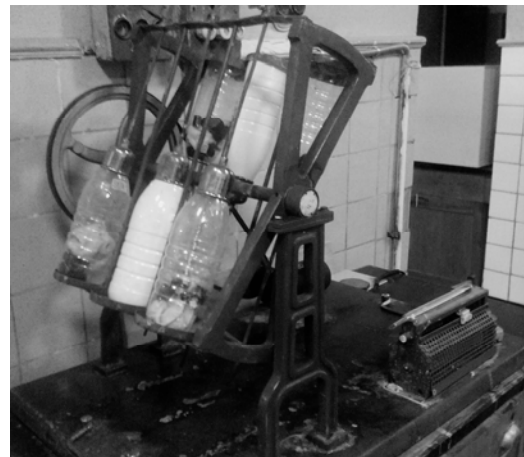


Рис. 1. Установка для проведення технологічної обробки шкіряного напівфабрикату в динаміці

композицією до об'єму добутку маси зразка на уявну питому вагу в $\text{см}^3 / 100 \text{ г}$ голинної речовини (ГР) та фіксацією об'єму гасу, який заповнює пори досліджуваного напівфабрикату.

Результати та їх обговорення

Перспективність використання синтетичного оксиду кремнію (II) на стадії наповнювання-додублювання обумовлена, насамперед, високою дисперсністю його частинок та наявністю на їх поверхні гідроксильних груп. У зв'язку з цим в даній роботі цей гідрофільний наповнювач – аеросил А-300 був використаний в технології переробки шкіряної сировини в післядубильних процесах. Витрата інгредієнтів наповнювально-додублювальної композиції за участю аеросилу А-300 наведено в табл. 1. При цьому враховувалось функціональне призначення кожного інгредієнта за постійної витрати конденсованих поліфенолів квебрахо і жирувальних речовин. Витрата аеросилу А-300, диспергуванню якого сприяло використання сульфатованого жирувального реагенту трупон DL, змінювалась в напрямі зменшення кількості продукт конденсації на основі меламіну релуган D і диспергатора танідів трупотан G порівняно з контрольним варіантом. За максимальної витрати аеросилу А-300 кількість цих інгредієнтів зменшено у двічі.

Таблиця 1

Витрата інгредієнтів композиції для наповнювання-додублювання шкіряного напівфабрикату

Інгредієнт композиції	Витрата, % маси напівфабрикату за варіантом			
	К	1	2	3
Високодисперсний оксид кремнію (II) – аеросил А-300	0	1	2	3
Жирувальний реагент – трупон DL	1	1	1	1
Релуган D	2	2	1	1
Трупотан G	3	2	2	1
Екстракт квебрахо	6	6	6	6

Примітка. К – контрольний варіант обробки шкіряного напівфабрикату.

Вплив складу наповнювально-додублювальної композиції на результати хімічного аналізу наведено в табл. 2. Порівняно з контрольним варіантом вміст голинної речовини зменшується зі збільшенням вмісту високодисперсного оксиду кремнію (II). При цьому в напівфабрикаті зростає вміст дубильних речовин.

Таблиця 2

Хімічний склад і властивості шкіряного напівфабрикату

Показник	Значення показника за варіантом			
	К	1	2	3
Масова частка, %: вологи	13,3	14,1	14,4	14,7
– голинної речовини	68,3	66,8	66,1	65,7
– золи	5,4	6,3	7,1	7,7
– оксиду хрому (III)	4,2	4,0	3,8	3,5
– речовин, що екстрагуються органічними розчинниками	8,3	8,5	8,6	8,9
– дубильні речовини	14,7	15,6	15,9	15,8
Температура зварювання напівфабрикату, °C	113,0	114,0	115,0	114,0
Товщина шкіри, мм	1,30	1,39	1,43	1,40
Об'ємний вихід шкіри, $\text{см}^3/100 \text{ г ГР}$	213	237	240	235
Пористість зразків з ділянки поли, %	48,0	56,0	58,0	59,0
Межа міцності при розтягуванні, МПа	21,0	23,5	23,0	23,5
Відносне видовження при навантаженні 10 МПа, %	25,0	31,0	32,0	33,0
Відносне видовження при розриві, %	59,0	64,5	64,5	63,0
Жорсткість шкіри, сН	38,0	29,0	27,0	28,0

При мінімальній витраті аеросилу А-300 спостерігається зростання пористості шкіряного напівфабрикату хромового дублення з температурою зварювання 113–115 °C. При цьому абсолютні значення пористості в пухкій топографічній ділянці – пола підвищуються на 8–11 % порівняно з контрольним варіантом. Поряд з цим відбувається збільшення товщини шкіряного матеріалу та його об'ємного виходу відповідно на 9–10 і 11,0–12,6 %.

Характер залежності фізико-механічних показників готового шкіряного матеріалу, в основному, корелює зі змінами його фізичних характеристик при збільшенні вмісту аеросилу А-300 в напівфабрикаті. Збільшення міцності й відносного видовження шкіри при витраті аеросилу А-300 1,0 % порівняно з контрольним варіантом можна пояснити глибокою міжмікрофібрилярною дифузійною частинкою високодисперсного оксиду кремнію (II). Після видалення вологи під час сушильно-зволожувальних процесів елементи волокнистої структури шкіряного напівфабрикату залишаються в диспергованому мобільному стані з можливою їх орієнтацією при деформуванні. Однак, при максимальних витратах аеросилу А-300 спостерігається деяке зниження деформаційних характеристик шкіри. При цьому порівняно з контрольним варіантом показник жорсткості наповненої шкіри зменшується на 24,0–30,0 %.

Характер залежностей санітарно-гігієнічних властивостей зневодненого шкіряного напівфабрикату при збільшенні в ньому вмісту аеросилу А-300 (рис. 2) корелює із зміною його пористості. При цьому паро- і повітропроникності досягають максимального значення в топографічних ділянках чепака і поли відповідно

при витраті аеросилу А-300 1,0 і 2,0 %. Такий характер залежності паро- і повітропроникності від витрат аеросилу А-300 може бути обумовлений, як колоїдно-хімічними властивостями високодисперсного оксиду кремнію (II), так і механізмом дифузії парів води та повітря через структуру шкіряного матеріалу. Якщо при проходженні парів води через товщу натурального матеріалу відбувається спочатку адсорбція молекул води на поверхні елементів модифікованої структури колагену дерми за участю його функціональних груп з наступною їх десорбцією, то у випадку повітропроникності механізм визначається, в основному, особливостями тільки пористої структури матеріалу. При збільшенні витрат аеросилу А-300 понад 2,0 % відбувається нерівномірне відкладання наповнювально-додублювальної композиції в структурі дерми – в більшій мірі в поверхневому сосочковому шарі дерми, що затрудняє подальшу дифузію інгредієнтів наповнювача в структуру матеріалу.

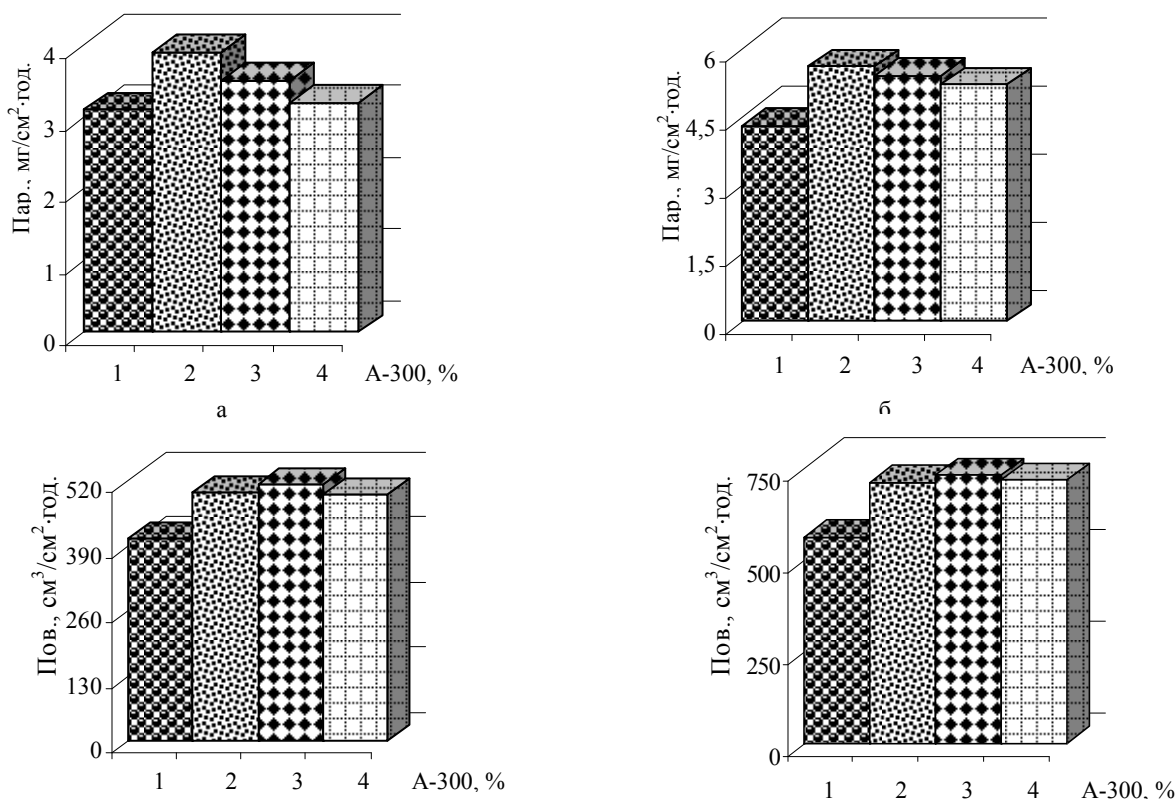


Рис. 2. Залежність паропроникності та повітропроникності шкіряного напівфабрикату від витрати аеросилу А-300 і топографічної ділянки: а, в – чепрак; б, г – пола

Отже, високодисперсний оксид кремнію (II) може бути використаний в композиції для процесу наповнювання-додублювання шкіряного напівфабрикату, як частковий замітник імпортованих інгредієнтів для поліпшення фізико-хімічних і санітарно-гігієнічних характеристик еластичних шкіряних матеріалів. Застосування розробленої композиції у виробництві шкіряних матеріалів потребує подальших досліджень шляхом оптимізації її складу.

Висновки

1. Дослідження процесу наповнювання-додублювання шкіряного напівфабрикату хромового дублення з використанням високодисперсного оксиду кремнію (II) показало ефективність часткової заміни ним імпортованих диспергувальних реагентів.

2. Введення високодисперсного оксиду кремнію (II) в шкіряний матеріал забезпечує підвищення фізико-механічних показників готового шкіряного матеріалу. Встановлено оптимальні витрати високодисперсного інгредієнту оксиду кремнію (II) в межах 1–2 % маси напівфабрикату щодо комплексу фізико-хімічних і санітарно-гігієнічних характеристик шкіряного матеріалу. При цьому порівняно з контрольним варіантом міцність шкіри зростає на 10,5–12,0 %, а паропроникність на 25,0–30,0 %.

3. Характер залежності властивостей шкіряного напівфабрикату від витрат високодисперсного оксиду кремнію (II) обумовлений особливостями концентраційної дифузії його частинок в структуру колагену дерми. При мінімальній витраті жирувального інгредієнту в наповнювальній композиції та збільшенні співвідношення високодисперсного оксиду кремнію (II) відносно жирувального інгредієнту до 3:1 відбувається суттєве підвищення концентрації наповнювача в сосочковому шарі шкіряного матеріалу.

4. Встановлено ефективний вплив високодисперсного оксиду кремнію (II) на санітарно-гігієнічні властивості шкіряного матеріалу в його периферійних топографічних ділянках. Отриманий наповнений шкіряний матеріал за комплексом властивостей відповідає еластичним шкіряним матеріалам для швейних виробів за ДСТУ 3115-95, міждержавному стандарту на шкіри для верху взуття «ГОСТ 939–88» і вимогам міжнародного стандарту систем управління якістю «ISO 9001:2008».

Література

1. Грищенко І. М. Поліфункціональні шкіряні матеріали : монографія / І. М. Грищенко, А. Г. Данилкович, О. Р. Мокроусова ; за ред. А. Г. Данилковича. – К. : Фенікс, 2013. – 268 с.
2. Інноваційні технології виробництва шкіряних і хутрових матеріалів та виробів : монографія / за ред. А. Г. Данилковича. – К. : Фенікс, 2012. – 344 с.
3. Ma J. Z. Elasticity studies on leather retanned with various types of acrylic polymers / J. Z. Ma, H. Lu // J. Amer. Leather Chem. Assoc. – 2008. – V. 103 (11). – P. 363–369.
4. Данилин Д. В. Влияние распределения наполняющих полимеров по слоям спилка / Д. В. Данилин, С. И. Студеникин, Н. В. Зыкова, В. Г. Богомолов // Кожевенно-обувная промышленность. – 2009. – № 6. – С. 46–48.
5. Nashy E. H. A. Novel retanning agents for chrome tanned leather based on emulsion-nano particles of styrene/butyl acrylate copolymers / E. H. A. Nashy, A. L. Hussein, M. M. J. Essa // J. Amer. Leather Chem. Assoc. – 2011. – V. 106 (9). – P. 241–248.
6. Рамазонов Б. Г. Наполнение кож азотсодержащими полимерами / Б. Г. Рамазонов, Т. Ж. Кадилов, А. Ю. Тошев, У. О. Худанов, В. Н. Ахмедов // Доклады Академии наук Республики Узбекистан. – 2008. – № 2. – С. 64–67.
7. Mariliz G. Leather retanning with hydrolyzed protein / G. Mariliz, D. Silva, I. Vigannico // J. Amer. Leather Chem. Assoc. – 2010. – V. 105. – P. 195–202.
8. Чурсин В. И. Влияние биополимерных композиций на упруго-пластические и прочностные свойства кож / В. И. Чурсин, Е. В. Бордунова, А. В. Осипов // Кожа и обув. – 2008. – № 2. – С. 16–18.
9. Wang C. Preparation of organosilicone modified palm oil fatliquor / C. Wang, S. Feng, J. Wu // J. Amer. Leather Chem. Assoc. – 2011. – V. 106. – P. 161–169.
10. Мокроусова О. Р. Високодисперсні мінеральні наповнювачі для шкір / О. Р. Мокроусова // Вісник КНУТД. – 2008. – № 1 (38). – Т. 2. – С. 354–358.
11. Мокроусова О. Р. Сучасні аспекти післядубильних процесів виробництва шкіри / О. Р. Мокроусова, Р. В. Качан, О. П. Козарь // Вісник ХНТУ. – 2014. – № 1 (48). – С. 128–136.
12. Мокроусова О. Р. Наповнювальна здатність високодисперсних мінералів різної кристалічної структури / О. Р. Мокроусова, А. Г. Данилкович, І. І. Марцін // Вісник КНУТД. – 2008. – № 2. – С. 34–43.
13. Мокроусова О. Р. Наповнювання шкіряного напівфабрикату. Модифікування та використання бентонітових дисперсій / О. Р. Мокроусова, А. Г. Данилкович // Вісник ХНУ. – 2008. – № 3. – Т. 1. – С. 239–244.
14. Ma J. The preparation and application of a montmorillonite-based nanocomposite in leather making / Jianzhong Ma, Xinjiang Chen, Yun Chu et al. // JSLTC. – 2003. – Vol. 87, № 4. – P. 131–134.
15. Mishra J. K. New Millable polyurethane/organoclay nanocomposite: preparation, characterization and properties / J. K. Mishra, I. Kim, C. S. Na // Macromolecular Rapid communications. – 2003. – Vol. 24. – P. 671–675.
16. Ma J. Z. The acrylic resin leather coating agent modified by nano-SiO₂ / J. Z. Ma, Z. J. Hu, L. Y. Liu // Journal of Composite Materials. – 2006. – Vol. 40. – P. 2189–2193.
17. Mokrousova O. R. Formation of collagen structure of derma by mineral dispersions / O.R. Mokrousova, A.G. Danilkovich // Scientific proceedings of Riga Technical University. – 2007. – Series 1. – Part 14. – P. 83–91.
18. Мокроусова О. Р. Адсорбція лігносульфонату натрію на гідроксохромовому монтморилоніті / О. Р. Мокроусова, А. Г. Данилкович // Вісник КНУТД. – 2011. – № 2. – С. 133–139.
19. Chen Yi. Nanotechnologies for leather manufacturing: A review / Yi Chen, Fan and Bi Shi // JALCA. – 2011. – Vol. 106, № 8. – P. 261–273.
20. Bao Y. Preparation of acrylic resin/montmorillonite nanocomposite for leather tanning agent / Yan Bao, Jianzhong Ma, Yan-Li Wangi // JALCA. – 2009. – Vol. 104, № 10. – P. 352–358.
21. Zhang Xiaolei. Nanocomposites of acrylate-organsilicon resin/layered silicate for leather finishing / Zhang Xiaolei, Liu Qinglan, Zhang Weiping // JSLTC. – 2006. – Vol. 90, № 6. – P. 250–254.
22. 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.
23. Kozar O. P. Deformation characteristics of genuine leather, manufactured using natural minerals / O. P. Kozar, O. R. Mokrousova, V. P. Konoval // Proceedings of the 13th International Conference «Baltic Polymer Symposium», (Trakai, Lithuania, 18–21 September 2013) / R. Makuska. – Vilnius University, 2013. – P.141.
24. Козарь О. П. Оцінка показників формостійкості шкір, модифікованих органічно-мінеральними композиціями / О. П. Козарь, О. Р. Мокроусова, Т. М. Віктор // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки» Луцького національного технічного університету. – Луцьк. – 2013. – Вип. 41. – С. 135–137.
25. Айлер Р. Химия кремнезема / Р. Айлер. – М. : Мир, 1982. Ч. 1. – 416 с.
26. Аеросил (пирогенный диоксид кремния) [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.silica.su/ru/perechen-produkczii/834-aerosil.pdf>
27. Данилкович А. Г. Аналитический контроль в производстве кожи и меха. Лабораторный практикум / А. Г. Данилкович, В. И. Чурсин. – М. : НИЦ Инфра-М, 2016. – 175 с.

Рецензія/Peer review : 20.11.2016 р.

Надрукована/Printed : 13.12.2016 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Кузьмінський Є. В.