

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ТРИБОЕЛЕКТРИЗУВАННЯ ПІДОШОВНИХ МАТЕРІАЛІВ

*У статті обґрунтована необхідність вивчення електрофізичних властивостей взуттєвих полімерних матеріалів на здатність їх накопичувати заряди статичної електрики до насичення при терті. Для досягнення поставленої мети вибрана експериментальна установка, яка дає можливість моделювати реальний процес трибоелектризування підошовних матеріалів при ходьбі по покриттях підлоги. Встановлено, що величина накопичення електростатичних зарядів на поверхні матеріалів та їх полярність в значній мірі залежить від властивостей контактуючої пари матеріалів. Дана кількісна оцінка кінетики та ступеня електризації підошовних матеріалів до насичення в залежності від виду покриття підлоги. Встановлено закономірність, що досліджені підошовні матеріали при контакті з усіма килимовими покриттями отримують негативний заряд, а з лінолеумами – позитивний. Отримані результати роботи дають можливість здійснювати науково обґрунтований вибір найбільш придатних матеріалів з урахуванням здатності їх до електризування, а також прогнозувати їх електростатичну поведінку та виробів із них при конкретних умовах використання.*

*Ключові слова: статична електрика, трибоелектризування, електростатичні заряди, контактний метод, напруженість електростатичного поля, знак зарядів, підошовні матеріали, покриття підлоги.*

M. P. SAVCHUK, S. S. BURLACHENKO  
Khmelnytsky national university

### INVESTIGATION OF PROCESS OF TRIBOELECTRIZING FOOTWEAR-BOTTOM MATERIALS

*In the article there has been founded the necessity of studying electrophysical properties of footwear polymer materials whether they are able to accumulate charges of static electricity by friction up to saturation. For reaching the stated purpose there has been selected an experimental unit, which allows modeling the real process of triboelectrization of footwear-bottom materials when it is walking over covers of the floor. It has been revealed that the value of accumulation of electrostatic charges on material surface and their polarity mainly depend upon properties of the contacting material couple. Quantitative estimation of kinetics and extent of electrization of footwear-bottom materials up to saturation have been given following the floor type. There is a law that the investigated footwear-bottom materials by contacting to any carpet covers get negative charge, and to linoleums – positive. The obtained results give possibility to realize the scientific-founded choice of the most appropriate materials, regarding their capability for electrization and also to forecast their electrostatic behavior and wares by the usage conditions.*

*Keywords: static electricity, triboelectrization, electrostatic charges, contact method, electrostatic field intensity, charges sign, footwear-bottom materials, floor cover.*

### Постановка проблеми

Полімерні матеріали знайшли широке використання у легкій промисловості, в тому числі у взуттєвій. В наш час практично кожна пара взуття виготовляється з низом із синтетичних матеріалів [1]. Їх впровадження сприяє розширенню асортименту взуття, підвищенню його якості, економії дефіцитної і дорогої натуральної шкіри, використанню високопродуктивної та безвідходної технології. Проте, не дивлячись на вагомості і добре відомі економічні, технологічні та експлуатаційні переваги сучасних полімерних матеріалів, вони мають і суттєві недоліки.

Так, в більшості випадків полімерні матеріали за своєю природою-діелектрики, які, маючи високий електричний опір, здатні при контакті та терті генерувати електростатичні заряди. Використання таких матеріалів в процесі виробництва та експлуатації взуття при певних умовах призводить до інтенсивного накопичення статичної електрики на робочих місцях і тілі людини, що є негативним фактором. При цьому, у виробничих умовах одним із шляхів підвищеної генерації зарядів на тілі людини є трибоелектризування низу взуття при ходьбі [2,3].

Відомо [2,4-6], що шкідливі прояви електростатичних зарядів та тривалої неконтрольованої дії електростатичного поля досить різноманітні: погіршуються умови праці; здійснюється негативний вплив на організм людини, понижуючи його працездатність і опір до різних видів захворювань; порушується хід технологічних процесів; утруднюється обслуговування обладнання; знижується продуктивність праці і якість продукції; може бути причиною виникнення пожеж, вибухів та інших небезпечних проявів.

У зв'язку з неухильним ростом використання хімічних матеріалів для виготовлення взуття актуальною проблемою є дослідження електрофізичних властивостей сучасних підошовних матеріалів з урахуванням умов його експлуатації та встановлення факторів, які впливають на їх здатність накопичувати та розсіювати заряди статичної електрики.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз матеріалів вітчизняних і зарубіжних публікацій, присвячених вивченню електрофізичних властивостей взуттєвих матеріалів та взуття, показав, що такі дослідження дуже обмежені, розрізнені й пов'язані, як правило, з вирішенням конкретно поставлених завдань, що вкрай ускладнює аналіз опублікованих результатів досліджень та порівняння їх між собою.

Разом з тим відомо, що електрофізичні властивості матеріалів, тобто здатність до електризування, оцінюють за допомогою прямих і непрямих методів [7,8].

Використання непрямого методу передбачає визначення питомого електричного опору (об'ємного і поверхневого). Його вимірювання для вказаних цілей обумовлено тим, що, як правило, чим вищий питомий опір, тим більша вірогідність електризації матеріалу і тривалість зберігання зарядів на його поверхні. Крім

цього, при визначенні електричного опору отримують більш відтворювані результати, і цей метод легше піддається стандартизації. Але використання такого методу не дає можливості кількісно оцінити та прогнозувати здатність матеріалів до накопичення та розсіювання зарядів на своїй поверхні при тих чи інших умовах.

А тому, в наш час для отримання реальної та всебічної оцінки процесів електризування матеріалів, в тому числі і взуттєвих, все більш широке застосування знаходить прямий (контактний) метод. Його використання дає можливість вивчати трибоелектризування матеріалів як в процесі накопичення зарядів до насичення, так і під час їх стікання (розсіювання). При цьому, є можливість отримання достовірних кількісних даних та встановлення чинників, які впливають на ці процеси і, відповідно, вибирати найбільш ефективні способи зниження електризації матеріалів та засоби захисту від шкідливих та небезпечних проявів статичної електрики.

#### Мета дослідження

Враховуючи аналіз літературних джерел, метою даної роботи було встановлення кінетики та ступеня накопичення зарядів статичної електрики до їх насичення на поверхні підошовних матеріалів при терті з матеріалами покриття підлоги.

#### Виклад основного матеріалу

Для досягнення поставленої мети вибрана експериментальна установка, в основу якої покладено контактний метод, що дає можливість моделювати реальний процес трибоелектризування підошовних матеріалів при ходьбі по покриттях підлоги [9]. При цьому можливе створення будь-якого співвідношення тертя кочення і ковзання, що забезпечує також вивчення впливу різних умов тертя на процес електризування матеріалів.

В якості критеріїв оцінки процесу електризування матеріалів використовували напруженість електростатичного поля (ЕСП  $E$ , В/см) і знак (полярність) зарядів (+, -). Для вимірювання вибраних показників електростатичного поля використовували малоінерційний прилад ИНЭП – 11Д з виносним негабаритним датчиком, що дає можливість встановлювати його безпосередньо над дослідним зразком матеріалу. Це, в свою чергу, забезпечує можливість з високою точністю неперервно вивчати кінетику накопичення зарядів до насичення на поверхні взуттєвих матеріалів під час тертя.

В якості об'єктів дослідження були вибрані сучасні підошовні матеріали, які відрізняються між собою за видом сировини, хімічним складом, будовою, структурою, способом виробництва, властивостями тощо. Це дає можливість реально підвищити вірогідність вивчення впливу різних чинників на електрофізичні властивості матеріалів і встановити взаємозв'язку між ними. Тому, за основу були взяті наступні підошовні матеріали: шкіра для низу, гума пориста ВШ, гума пориста НШ, гума пориста РПШ, гума полегшена "Вулкапора", гума підметкова, шкірволон, поліуретан. При цьому, вибір гум різних марок обумовлений високим їх електричним опором [10], а значить можливістю їх інтенсивного електризування.

З метою отримання порівняльної оцінки трибоелектризування підошовних матеріалів на створеній експериментальній установці за оптимальні параметри випробувань прийняті: питомий тиск  $1,5 \times 10^5$  Па; швидкість тертя 0,9 м/с; тривалість одного досліду 240 с. При 5-кратному вимірюванні значення погрешностей не перевищувало 5 %.

Оскільки кліматичні умови можуть суттєво впливати на процеси електризування, то підготовка зразків і їх випробування здійснювалось в стандартних кліматичних умовах: при відносній вологості повітря  $65 \pm 2$  % і температурі  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ .

Результати експериментальних досліджень кінетики і величини накопичення електростатичних зарядів до насичення на поверхні підошовних матеріалів при контакті з покриттями підлоги представлені в табл. 1.

Аналіз отриманих даних свідчить, що кінетика і величина накопичення електростатичних зарядів до насичення на поверхні підошовних матеріалів в значній мірі залежить від електрофізичних властивостей контактуючих матеріалів, тобто пари тертя. При цьому, матеріали для підошов характеризуються різною здатністю до електризування при терті з одним і тим же покриттям підлоги.

Встановлено, що для більшості випробуваних матеріалів найбільш інтенсивна генерація зарядів відбувається на протязі 60-100 с. Разом з тим, продовження випробування до 240 с призводить до підвищення рівня накопичення в залежності від властивостей матеріалів в 1,5-2 рази. При цьому, тільки для натуральної шкіри характерно мінімальний низький рівень зарядів на всьому проміжку випробувань, які миттєво розсіюються після припинення процесу тертя.

Із отриманих результатів роботи видно, що найбільшою здатністю до накопичення електростатичних зарядів на своїй поверхні володіють гуми пористої структури марок ВШ, НШ, РПШ, "Вулкапора" та гума підметкова при терті з килимовими покриттями підлоги і ковроліном. Так, в залежності від контактуючої пари тертя величина напруженості ЕСП на поверхні вище вказаних взуттєвих матеріалів складає від 1480 В/см до 4400 В/см, що відповідно в 7 – 22 разів перевищує гранично допустимий поріг [11]. Відомо [11], що взуттєві гуми, особливо пористої структури, мають високий питомий поверхневий і об'ємний електричний опір ( $10^{14}$ - $10^{15}$  Ом, Ом·см), який спричиняє інтенсивне накопичення зарядів на їх поверхні. Із отриманих результатів видно, що має місце кореляція між величиною напруженості ЕСП на поверхні наелектризованих матеріалів та їх питомого електричного опору.

Значно нижчий рівень електризування мають, у порівнянні з пористими гумами, такі підошовні матеріали як шкірволон і, особливо, поліуретан. Максимальне значення напруженості ЕСП на їх поверхні в залежності від виду покриття підлоги в декілька разів нижче, ніж гум пористої структури. При цьому, в більшості випадків дещо вищою здатністю до генерування зарядів на своїй поверхні характеризується шкірволон. Разом з тим, наявність активних наповнювачів, штучних волокон у хімічному складі шкірволону і підвищена щільність, очевидно, не сприяють інтенсивному накопиченню зарядів, як на поверхні пористих гум.

Таблиця 1

## Значення показників електризації підшовних матеріалів при контакті з покриттями підлоги

Матеріал підшови	Тривалість тертя $t, (с)$	Напруженість електростатичного поля $E, (В/см)$ і знак заряду (+, -) при контакті з									
		синтетичним килимом	напіввовняним килимом	килимом на латексній основі	ковроліном	килимовим покриттям для офісів	лінолеумом ПВХ на тканій основі	лінолеумом ПВХ без основи	лінолеумом на латексній основі		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Шкіра для низу	20	-5±2	-27±3	-37±4	-5±2	-10±2	+20±4	+19±5	+20±5		
	40	-7±2	-34±4	-42±5	-6±2	-80±5	+55±5	+23±5	+60±9		
	60	-7±2	-38±4	-50±5	-9±2	-110±10	+60±5	+34±6	+80±10		
	100	-7±2	-45±4	-50±5	-9±2	-110±10	+60±5	+41±9	+80±10		
	140	-7±2	-45±4	-50±5	-9±2	-110±10	+60±5	+41±9	+80±10		
	180	-7±2	-45±4	-50±5	-9±2	-110±10	+60±5	+41±9	+80±10		
Гума пориста ВШ	20	-347 ±15	-61±10	-330±2235	-460±20	-670±20	+227±15	+118±15	+500±15		
	40	560 ±15	-205±15	-880±35	-780±25	820±25	+246±15	+161±10	+820±25		
	60	-820 ±15	-449±15	-1370±50	-980±25	-1050±25	+265±16	+170±10	+1100±40		
	100	-1100 ±25	-860±25	-2670±50	-1520±35	-1470±35	+398±20	+360±25	+1600±45		
	140	-1460 ±35	-1260±30	-2900±80	-2100±55	-2300±50	+495±25	+497±29	+1800±57		
	180	-1480 ±40	-1560±30	-2900±85	-2600±85	-2900±70	+615±25	+598±30	+1800±57		
Гума пориста НШ	20	-1480 ±40	-1600±35	-2900±85	-2600±85	-2900±70	+650±20	+625±35	+1800±57		
	40	-360±25	-240±15	-202±25	-900±54	-670±54	+264±15	+109±15	+60±5		
	60	-440±34	-370±25	-730±35	-1200±98	-820±54	+329±15	+197±15	+120±10		
	80	-670±39	-556±25	-1010±68	-1450±98	-1050±54	+470±19	+260±19	+190±10		
	100	-890±48	-697±25	-1320±78	-1850±98	-1200±68	+505±25	+315±25	+440±150		
	140	-1120±49	-705±35	-1460±84	-2200±98	-1520±67	+575±25	+385±25	+680±25		
Гума пориста РПШ	20	-1450±58	-1890±68	-2700±95	-2951П05	-2450±72	+780±35	+460±30	+1200±80		
	40	-1540±67	-1960±78	-3100±95	-3050±109	-2680±72	+860±39	+580±35	+1520±84		
	60	-1540±80	-2140±98	-4200±100	-3050±109	-3300±85	+975±45	+580±35	+1520±84		
	80	-1540±80	-2140±95	-4400±110	-3050±110	-3300±85	+975±58	+580±35	+1520±84		
	100	-590±54	-83±8	-860±57	-570±48	-460±35	+361±20	+114±6	+320±25		
	140	-1190±59	-158±10	-1350±62	-980±49	-780±35	+456±24	+127±12	+780±25		
Гума пориста РПШ	60	-1200±64	-297±15	-1590±75	-1550±51	-1050±45	+596±26	+177±12	+1100±30		
	80	-1200±84	-425±20	-1870±84	-2200±52	-1260±45	+705±28	+228±19	+1250±54		
	100	-1460±89	-498±25	-2050±95	-2520±53	-1450±49	+767±54	+266±20	+1300±68		
	140	-1750±95	-689±65	-2580±95	-2850±64	-2400±57	+880±65	+458±24	+1400±75		
	180	-1810±95	-736±65	-2700±105	-2900±84	-2450±58	+977±69	+560±28	+1400±75		
	200	-1990±95	-865±70	-2700±105	-2900±98	-2450±94	+990±71	+685±30	+1400±75		
240	-2080±95	-985±70	-2700±105	-2900±98	-2450±94	+990±71	+760±30	+1400±75			

Продовження табл.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Гума «Вулкатора»	20	-305±20	-820±35	-820±54	-580±54	-960±68	+245±15	+106±15	+605±29
	40	-307±20	-1440±54	-970±54	-970±56	-1200±69	+370±15	+280±25	+720±35
	60	-468±25	-2120±55	-1120±70	-1200±56	-1780±69	+412±15	+360±20	+870±35
	80	-598±25	-2300±55	-1650±75	-1680±65	-1920±78	+440±25	+570±29	+920±40
	100	-780±35	-3780±64	-2530±75	-1820±65	-2500±79	+507±35	+595±35	+980±45
	140	-1140±48	-4050±70	-3450±84	-2400±78	-3220±86	+776±40	+687±48	+1260±60
	160	-1400±56	-4170±70	-3980±84	-3250±79	-3600±91	+825±45	+734±51	+1520±64
	180	-2330±85	-4170±74	-4250±89	-3450±90	-3960±95	+895±45	+790±57	+1760±64
	200	-2530±85	-4170±74	-4270±89	-3500±100	-4050±110	+960±58	+790±64	+1950±64
	240	-2530±85	-4170±74	-4270±90	-3500±110	-4050±110	+960±58	+790±64	+1950±64
Гума підметкова	20	-456±25	-140±15	-710±54	-510±50	-680±45	+167±5	+107±5	+460±25
	40	-708±25	-200±15	-970±54	-890±58	-1100±45	+225±10	+140±18	+810±30
	60	-916±36	-290±25	-1120±70	-1420±60	-1580±45	+265±25	+156±19	+1140±30
	80	-989±38	-370±26	-1650±75	-1860±60	-2130±48	+298±25	+168±20	+1370±35
	100	-1025±57	-430±36	-2530±75	-2250±60	-2840±48	+315±30	+189±21	+1580±35
	140	-1195±82	-798±51	-3450±84	-2630±65	-3330±56	+364±35	+220±25	+1660±40
	160	-1250±85	-916±54	-3980±84	2940±70	-3580±60	+380±35	+220±25	+1790±44
	180	-1350±85	-1020±68	-4250±89	-3390±70	-3740±65	+380±35	+220±25	+1760±48
	200	-1520±85	-1160±84	-4270±89	-3400±75	-3760±65	+380±35	+220±25	+1810±48
	240	-1670±85	-1250±84	-4270±90	-3440±75	-3760±65	+380±35	+220±25	+1810±48
Шкірволон	20	-76±5	-30±5	-41±5	-60±5	-120±15	+65±5	+32±5	+50±10
	40	-106±15	-46±5	-50±5	-200±10	-360±42	+104±5	+38±5	+67±15
	60	-122±15	-58±10	-50±5	-240±15	-420±15	+144±15	+46±5	+120±15
	80	-246±15	-83±10	-50±5	-280±15	-575±15	+159±15	+57±10	+260±15
	100	-385±25	-95±10	-50±5	-320±15	-620±45	+178±15	+62±10	+480±17
	120	-454±30	-106±10	-50±5	-370±25	-760±45	+250±25	+86±10	+620±18
	140	-526±30	-129±10	-50±5	-370±25	-960±45	+315±25	+97±10	+700±24
	180	-685±45	-145±15	-50±5	-370±25	-1100±58	+380±28	+190±25	+780±25
	240	-760±50	-145±15	-50±5	-370±25	-1100±58	+460±36	+240±25	+780±25
	Поліуретан	20	-83±15	-29±5	-140±15	-20±10	-40±5	+226±15	+103±15
40		-98±15	-34±5	-210±15	-36±15	-80±10	+366±21	+140±15	+270±15
60		-136±15	-37±7	-360±18	-52±15	-100±10	+409±25	+201±15	+360±21
80		-146±15	-40±7	-420±1	-67±15	-380±10	+580±25	+206±20	+580±20
100		-261±20	-40±8	-440±20	-80±12	-490±25	+760±25	+209±20	+680±24
140		-395±20	-40±8	-450±20	-80±12	-580±50	+920±45	+300±25	+970±35
180		-395±20	-40±8	-450±20	-80±12	-580±50	+920±45	+300±25	+970±35
240		-395±26	-40±8	-450±25	80±12	-580±50	+920±45	+300±25	+970±35

Дослідження підтвердили, що при стандартних кліматичних умовах навіть при інтенсивному терті з усіма вибраними покриттями підлоги напруженість ЕСП на поверхні натуральної шкіри не перевищує гранично допустимого порогу. Відомо [10], що з підвищенням вологості повітря вірогідність генерування електричних зарядів на поверхні шкіри різко зменшується.

Отримані експериментальні дані свідчать, що ступінь електризування взуттєвих матеріалів в значній мірі залежить від властивостей контактуючих матеріалів. При заміні одного контртіла на інше величина напруженості ЕСП і порядок розташування матеріалів за рівнем їх електризування можуть значно змінюватися. Так, напруженість ЕСП на поверхні гуми пористої НШ при терті з килимовим покриттям на латексній основі становить 4400 В/см, а з лінолеумом ПВХ без основи - 580 В/см. Такі відмінності також характерні для інших пар випробуваних матеріалів.

В результаті проведених досліджень встановлено, що найбільш інтенсивне електризування гум пористої структури має місце при контакті з усіма вибраними килимовими покриттями підлоги і ковровіном, а шкіроподібної гуми – з синтетичним килимом і килимовим покриттям для офісів, поліуретану – з лінолеумом на тканин і латексній основі.

При вивченні статичної електризації взуттєвих матеріалів також важливим було визначення знаку електростатичних зарядів, які виникають на їх поверхні. Виходячи із наведених даних в таблиці, була встановлена закономірність, що досліджені підошовні матеріали при контакті з усіма килимовими покриттями отримують негативний заряд, а з лінолеумами – позитивний. Отримані результати визначення полярності випробуваних матеріалів при терті можна використовувати при створенні комбінованих синтетичних покриттів підлоги. Наприклад, для килимових покриттів при їх виготовленні можливо чергувати нитки ворсу, які електризують матеріали підошви різнойменно. Такий електростатично нейтральний килим буде сприяти зниженню накопичення та нейтралізації зарядів на поверхні підошви під час експлуатації взуття.

Отримані результати роботи свідчать про підвищену здатність більшості підошовних полімерних матеріалів до генерації та накопичення електричних зарядів на своїй поверхні. Для захисту людини і виробництва від негативних проявів статичної електрики слід вибирати матеріали підошов і покриття підлоги, які б не спричиняли накопичення зарядів. Особливо це важливо при створенні спеціального (виробничого) взуття, яке повинно використовуватись в умовах виготовлення та експлуатації високочутливої електронної техніки та у вибухо-і вогнебезпечних умовах.

#### Висновки

Неухильний ріст використання високодіелектричних полімерних матеріалів для низу взуття, які при експлуатації здатні до накопичення зарядів статичної електрики на своїй поверхні і тілі людини, вимагає всебічної оцінки їх електрофізичних властивостей.

Встановлено, що ступінь накопичення електростатичних зарядів на поверхні взуттєвих матеріалів та їх полярність в значній мірі залежить від властивостей контактуючої пари матеріалів. При заміні одного із контактуючих матеріалів на інший величина напруженості ЕСП, знак зарядів та порядок розташування матеріалів за цими показниками може суттєво змінюватися.

В результаті порівняльної кількісної оцінки здатності підошовних матеріалів до трибоеклектризування встановлено, що найбільш електростатично безпечними матеріалами для використання є натуральна шкіра і поліуретан, а найменш безпечними – гуми пористої структури.

Отже, на основі проведених досліджень зроблено висновок, що перед впровадженням нових підошовних полімерних матеріалів для виготовлення взуття, особливо спеціального, необхідна попередня оцінка їх здатності до електризації. Це дасть можливість здійснювати правильний вибір матеріалів з урахуванням електрофізичних властивостей, прогнозувати їх електростатичну поведінку та виробів із них в конкретних умовах використання, а також своєчасно розробляти ефективні заходи щодо зниження негативних проявів зарядів статичної електрики.

У зв'язку з неухильним ростом використання хімічних матеріалів для виготовлення взуття актуальною проблемою є дослідження електрофізичних властивостей сучасних підошовних матеріалів з урахуванням умов його експлуатації та встановлення факторів, які впливають на їх здатність накопичувати та розсіювати заряди статичної електрики.

#### Література

1. Зурабан К.М. Материаловедение изделий из кожи: [учеб. для вузов] / К.М. Зурабян, Б.Я. Краснов, М.М. Берштейн. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 416 с.
2. Каверзнев В.А. Статическое электричество в полупроводниковой промышленности / В.А. Каверзнев, А.А. Зайцев, Ю.А. Овечкин. – М.: Энергия, 1975. – 113 с.
3. Гефтер П.Л. Электростатические явления в процессах переработки химических волокон / П.Л. Гефтер - М. Легпромбытиздат, 1989. – 272с.
4. Лихобабенко И.Я. Электростатические явления в кожевенно-обувном производстве / И.Я. Лихобабенко, Р.А. Баскаков, Ю.П. Гусев. - М.: Легкая индустрия, 1976. – 87 с.
5. Тэнэсеску Ф. Электростатика в технике: [пер. с рум] /Ф Тэнэсеску, Р. Крамарюк. - М.: Энергия, 1980. – 296 с.

6. Копылов А.В. Статическое электричество в промышленности и методы защиты / А.В. Копылов, А.В. Качанов, В.П. Дадыко и др. – М.: МАИ, 1975 – 55 с.
7. Савчук М.П. Вибір показників і методів оцінки електризації взуттєвих матеріалів / М.П. Савчук // Вісник ХНУ. – 2003. - № 1. – С. 19-21.
8. Бирюкова М.Ф. Оценка электростатических свойств обувных материалов динамическим методом измерения / М.Ф. Бирюкова, И.Н. Леденева, Ю.А. Костригина, О.А. Белицкая // Кожевенно-обувная промышленность. - 2004. - № 2. – С. 46 – 47.
9. Савчук М.П. Експериментальна установка для дослідження електризації взуттєвих матеріалів / М.П. Савчук, В.П. Либа, В.М. Калина // Вісник ХНУ. – 2007. -№ 6. – С. 104-107.
10. Савчук М.П. Комплексные исследования электрофизических свойств подошвенных материалов / М.П. Савчук, А.В. Снозык // Новое в дизайне, моделирование, конструировании и технологии изделий из кожи: материалы Международной научно-практической конференции. – Шахты ГОУ ВПО «ЮРГУС», 2003. – С. 184-188.
11. ГОСТ 12.1045 – 84. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. – Издательство стандартов, 1984. – 2 с.

#### References

1. Zurabjan K.M., Krasnov B.Ja., Bershtejn M.M. Materialovedenie izdelij iz kozhi: [ucheb. dlja vuzov]. M. Legprombytizdat, 1988. 416 s.
2. Kaverznev V.A., Zajcev A.A., Ovechkin Ju.A. Staticeskoe jelektrichestvo v poluprovodnikovoj promyshlennosti. M. Jenergiya, 1975. 113 s.
3. Geffer P.L. Jelektrostaticheskie javlenija v procesah pererabotki himicheskikh volokon. M. Legprombytizdat, 1989. 272 s.
4. Lihobabenko I.Ja., Baskakov R.A., Gusev Ju.P. Jelektrostaticheskie javlenija v kozhevenno-obuvnom proizvodstve. M. Legkaja industrija, 1976. 87 s.
5. Tjenjesesku F., Kramarjuk R. Jelektrostatika v tehnikе. M. Energiya, 1980. 296 s.
6. Kopylov A.V., Kachanov A.V., Dadyko V.P. Staticeskoe jelektrichestvo v promyshlennosti i metody zashhity. M. MAI, 1975. 55 s.
7. Savchuk M.P. Vibir pokaznikov i metodiv ocinki elektrizacii vzuttevih materialiv. Khmelnytskyi. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Technical sciences. 2003. № 1. P. 19-21.
8. Birjukova M.F., Ledeneva I.N., Kostrigina Ju.A., Belickaja O.A. Ocenka jelektrostaticheskih svojstv obuvnyh materialov dinamicheskim metodom izmerenija. Kozhevenno-obuvnaja promyshlennost'. 2004. № 2. P. 46 – 47.
9. Savchuk M.P., Liba V.P., Kalina V.M. Eksperimental'na ustanovka dlja doslidzhennja elektrizacii vzuttevih materialiv. Khmelnytskyi. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Technical sciences. 2007. № 6. P. 104-107.
10. Savchuk M.P., Snozyk A.V. Kompleksnye issledovanija jelektrofizicheskikh svojstv podoshvennyh materialov. In conference: Novoe v dizajne, modelirovanie, konstruirovani i tehnologii izdelij iz kozhi: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoi konferencii. Shahty GOU VPO «JuRGUS», 2003. – S. 184-188.
11. GOST 12.1045 – 84. Jelektrostaticheskie polja. Dopustimye urovni na rabochih mestah i trebovanija k provedeniju kontrolja. – Izdatel'stvo standartov, 1984. – 2 s.

Рецензія/Peer review : 16.3.2013 р.

Надрукована/Printed :10.4.2013 р.  
Рецензент: д.т.н., проф. Параска Г.Б.