

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ АНТИСТАТИЧНОЇ ОБРОБКИ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВЗУТТЯ ТА ОДЯГУ

Встановлено чинники, які впливають на електропровідність взуттєвих матеріалів та матеріалів для одягу. Додатково проведені іспробування із застосуванням антистатичних препаратів, а також вивчено вплив різних факторів на їх ефективність. На основі результатів проведено порівняльну оцінку електричного опору матеріалів для взуття та одягу.

*Factors which influence on conductivity of shoe materials and materials for clothes are set. A test is additionally conducted with application of anti-static preparations, and also influence of different factors is studied on their efficiency. On the basis of results the comparative estimation of electric resistance of materials is conducted for a shoe and clothes.*

Ключові слова: антистатика, поверхнево-активні речовини, електричний опір, електропровідність.

### Постановка проблеми

Відомо, що сучасні взуттєві полімерні матеріали мають високі діелектричні властивості, які досить обмежено вивчені. Так, до цього часу не розроблений стандартний метод оцінки електризації матеріалів, які застосовуються у взуттєвій промисловості [1-3]. Розроблений метод визначення електропровідності взуттєвих матеріалів неможливо використовувати, оскільки необхідна спеціальна установка, яка серійно не виготовляється. Це в свою чергу, не дає можливості комплексного вивчення здатності взуттєвих матеріалів до накопичення та розсіювання електричних зарядів. Відсутність об'єктивних даних про електрофізичні властивості затрудняє прогнозування їх електростатичної поведінки у процесі виготовлення та експлуатації виробів із шкіри [4-6].

Враховуючи здатність матеріалів для взуття і одягу у процесі експлуатації накопичувати заряди на своїй поверхні і тілі людини не менш актуальною задачею є розробка способів зниження їх електризації. Із літературних джерел відомо, що до цього часу не виконувались роботи з визначення ефективності антистатичної обробки взуттєвих матеріалів і матеріалів для одягу. Антистатика, які раніше використовувались для обробки текстильних матеріалів, не забезпечували тривалого і стабільного ефекту.

Враховуючи вище зазначене та постійний ріст застосування сучасних високо діелектричних полімерних матеріалів, метою даної роботи було дослідження електричного опору матеріалів для верху взуття та одягу і оцінка ефективності їх антистатичної обробки.

### Формулювання цілі статті

Мета і завдання роботи – встановлення впливу різних чинників на електричний опір матеріалів для взуття та одягу і найбільш ефективних препаратів для їх антистатичної обробки.

### Виклад основного матеріалу

Взуття як і одяг, знаходячись у середовищах з різною величиною вологості, здатні поглинати водяні пари із навколишнього повітря. Ця здатність матеріалів поглинати вологу має істотний вплив на показники фізико-механічних властивостей, визначає їх призначення. Тому практичний і науковий інтерес представляє дослідження щодо впливу відносної вологості повітря на вологомісткість взуттєвих матеріалів. Для цієї мети були взяті зразки матеріалів, які відрізняються за структурою, властивостями та призначеннями, характеристика, яких наводиться у таблиці 1.

Таблиця 1

#### Характеристика матеріалів

№ п/п	Назва матеріалу	Призначення	Характерні ознаки	Країна – виробник
1	2	3	4	5
Натуральні шкіри.				
1	Півшкурко хромового методу дублення	Для верху взуття	Гладка поверхня	Польща
2	Спилок	Для деталей верху взуття	Без лицьового покриття	Україна
3	Юхта взуттєва	Для деталей верху виробничого взуття	з тисненням	Україна
Штучні та синтетичні матеріали				
4	Штучна шкіра-ТР	Для деталей верху взуття	м'який темно-сірий матеріал	Україна
5	Штучне хутро	Для підкладки домашнього взуття	Ворсиста поверхня	Україна
6	Штучна шкіра-НТ	Для деталей верху взуття	Гладка поверхня м'якої структури	Україна

1	2	3	4	5
7	Здубльований матеріал	Для деталей верху взуття	Верхній шар тиснення чорного кольору здубльований з пінополіуретаном	Росія
8	Пінополіуретан	Для прокладки в якості пом'якшувача	Тонкий та м'який матеріал	Україна
9	Еластощкіра – Т	Для виробничо-інструментальних сумок	Чорного кольору з тисненням	Росія
10	Вінілшкіра – ТР	Для деталей верху взуття	Коричневого кольору з тисненням	Україна
11	Вінілшкіра – НТ	Для деталей верху літнього взуття, відкритого взуття	Червоного кольору з гладкою поверхнею	Італія
12	Вінілшкіра – НТ	те ж	Чорного кольору з тисненням	Італія
Текстильні матеріали				
13	Двухшарова кірза	Для підкладки	Товстий матеріал	Україна
14	Драп дубльований	Для верху домашнього взуття	Червоного кольору здубльований	Росія
15	Діагональ	Для підкладки	Щільний матеріал чорного кольору	Україна
16	Штучне хутро	Для підкладки	М'який матеріал	Росія
17	Термопластичний матеріал для міжпідкладки	Для деталей міжпідкладки	Тканий матеріал просочений клеєм	Україна
Матеріали для низу				
18	Пола хромтанідного методу дублення	для підшав	Без лицьового покриття	Україна
19	Шкірволон	те ж	З гладкою лицьовою поверхнею	Україна
20	Гума пориста "Малиш"	те ж	Червоного кольору без лицьового покриття	Росія
21	Картон устілковий "Bontex"	для основної устілки	Гладка поверхня	Україна

Досліджено вплив відносної вологості на вологу місткість взуттєвих виробів, результати яких представлено в таблиці 2.

Аналізуючи отримані результати видно, що вплив відносної вологості повітря на вологомісткість різних груп матеріалів неоднаковий. Так, для матеріалів із першої групи характерне однакове насичення вологою при усіх значеннях відносної вологості повітря  $\varphi=20-100\%$ . Майже в 3,5 рази змінюється вологомісткість для натуральної шкіри на вказаному інтервалі відносної вологості повітря, лише на інтервалі  $\varphi=50-80\%$  вологість матеріалу майже не змінюється. Це значить, що в цих умовах фізико-механічні властивості залишаються постійними.

Інтерес представляють дані щодо синтетичних та штучних матеріалів. За наявності різного лицьового покриття і основи насичення вологою відбуваються неоднаково. Так, для штучної шкіри на трикотажній основі вологомісткість на інтервалі відносної вологості повітря від 20 % до 65 % змінюється у два рази, причому на інтервалі  $\varphi=65-100\%$  відбувається швидке насичення вологою. Це можна пояснити наявністю трикотажної основи, яка характеризується високою здатністю до поглинання вологи. Такий же характер виявлено у вінілшкіри на трикотажній основі. Звернемо увагу на матеріали цієї ж групи, але на нетканій основі: так для штучної шкіри на нетканій основі вологомісткість змінюється в три рази на інтервалі від 20 % до 100 %, щодо вінілшкіри – НТ, то на цьому ж інтервалі відносної вологості повітря її вологомісткість змінюється близько у 8,4 рази. Очевидно, це викликано особливою структурою. Як відомо, вінілшкіра – НТ представляє собою неткане полотно, яке просочене дисперсіями полімерів і покритіє полівінілхлоридним покриттям. В свою чергу, неткана основа не є настільки щільною, через хаотично розміщені волокна, і тому, як губка, поглинає вологу.

Чітка зміна волого місткості спостерігається для текстильних матеріалів, і знову ж таки

привертають увагу значення, отримані для штучного хутра на трикотажній основі при зміні відносної вологості від 20 % до 100 % волого місткість змінюється у 13,5 разів. В інших матеріалів зміна волого місткості незначна – у 2-3 рази.

Таблиця 2

## Вплив відносної вологості на волого місткість взуттєвих матеріалів

№ п/п	Назва матеріалу	Маса сухого зразка $m_c$ , г	Маса вологого зразка $m_b$ , г і волого місткість $W_a$ , %												
			при відносній вологості $\varphi = 20$ %		при відносній вологості $\varphi = 35$ %		при відносній вологості $\varphi = 50$ %		при відносній вологості $\varphi = 63$ %		при відносній вологості $\varphi = 80$ %		при відносній вологості $\varphi = 100$ %		
			$m_b$	$W_a$	$m_b$	$W_a$	$m_b$	$W_a$	$m_b$	$W_a$	$m_b$	$W_a$	$m_b$	$W_a$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Натуральні матеріали															
1	Півшкуроч хромового методу дублення	13,11	13,57	3,5	13,73	4,7	13,88	5,87	13,91	6,1	14,22	8,47	14,69	12,05	
2	Спилок	10,48	10,89	3,9	10,94	4,4	11,0	4,96	11,12	6,10	11,56	10,31	12,0	14,50	
3	Юхта взуттєва	15,56	15,92	2,3	16,02	2,96	16,31	4,82	16,39	5,33	16,54	6,30	16,97	9,1	
Штучні та синтетичні матеріали															
4	Штучна шкіра – ТР	7,56	7,85	3,8	7,92	4,76	8,04	6,35	8,14	7,67	8,48	12,17	8,86	17,20	
5	Штучний футор	6,60	6,63	0,46	6,73	1,97	7,67	16,2	7,75	17,42	7,77	17,73	7,82	18,48	
6	Штучна шкіра – НТ	5,15	5,24	1,75	5,27	2,33	5,29	2,7	5,36	4,08	5,43	5,44	5,43	5,44	
7	Здубльований матеріал	10,96	10,99	0,27	11,01	0,46	11,02	0,55	11,14	1,64	11,37	3,74	11,41	4,11	
8	Пінополіуретан	2,54	2,56	0,79	2,56	0,79	2,57	1,18	2,62	3,15	2,65	4,33	2,72	7,09	
9	Еластошкіра – Т	17,06	17,27	1,2	17,45	2,29	17,51	2,64	17,59	3,11	17,72	3,87	17,94	5,16	
11	Вінілшкіра НТ	15,95	15,97	0,13	15,99	0,25	15,99	0,25	16,02	0,44	16,02	0,44	16,54	3,70	
12	Вінілшкіра НТ	16,05	16,13	0,50	16,21	1,0	16,22	1,06	16,26	1,31	16,26	1,31	16,38	2,06	
Текстильні матеріали															
13	Двухшарова кірза	11,42	11,64	1,93	11,92	4,38	11,98	4,90	12,0	5,08	12,23	7,09	12,26	7,36	
14	Драп дубльований	15,33	15,57	1,57	15,65	2,09	15,70	2,41	15,78	2,94	15,90	3,72	16,38	6,85	
15	Діагональ	4,13	4,26	3,15	4,27	3,39	4,29	3,87	4,31	4,36	4,41	6,78	4,56	10,41	
16	Штучне хутро	10,84	10,87	0,28	10,88	0,37	10,91	0,65	10,96	1,11	11,06	2,03	11,25	3,78	
17	Термопластичний матеріал між підкладки	3,54	3,58	1,13	3,66	3,39	3,68	3,96	3,68	3,96	3,69	4,24	3,75	5,93	
Матеріали для низу															
18	Пола хромтанідного методу дублення	41,13	41,34	0,51	41,56	1,05	41,79	1,61	41,91	1,90	42,09	2,33	41,19	2,58	
19	Шкірволон	46,52	46,54	0,04	46,56	0,09	46,58	0,13	46,63	0,24	46,68	0,34	46,70	0,39	
20	Гума пориста "Малыш"	24,42	24,46	0,16	24,49	0,29	24,52	0,45	24,58	0,66	24,58	0,66	24,58	0,66	
21	Картон устілковий "Bontex"	17,0	17,20	1,78	17,47	2,77	17,58	3,41	17,63	3,7	17,76	4,47	18,16	6,82	

Окремою групою у таблиці виділені матеріали для низу. Так, наприклад, гума пориста "Малыш", здавалося б, за рахунок пор повинно досить інтенсивно поглинати вологу, але результати випробовування показали, що зміна волого місткості чітко спостерігається при зміні відносної вологості повітря  $\varphi = 20-65$  %, далі від  $\varphi = 65-100$  % відбулося насичення матеріалу парами води. Гідрофобні властивості, притаманні для такого матеріалу, як шкірволон.

Як підсумок, до гідрофільних матеріалів можна з впевненістю віднести такі, як натуральна шкіра хромового методу дублення, вінілшкіра – НТ, штучне хутро – ТР, а також пола хромтанідного метода дублення для низу взуття. Наступним із етапів було дослідження впливу відносної вологості повітря  $\varphi$  %, і як наслідок волого місткості  $W_a$ , % на електричний опір матеріалів.

Всі результати підтверджують теорію, висунуту у роботі [7-8], у якій вказано наступне: вологість

одного і того ж матеріалу може змінюватись у значних межах. Проте після довготривалого перебування матеріалу в певних метеорологічних умовах вологість його досягає певної межі, яка називається постійною. Ця стійка вологість матеріалу носить назву рівноважна вологість.

Як було уже підтверджено із раніше проведених випробувань однією із основних характеристик, що застосовується для оцінки електропровідності матеріалів, є питомий електричний опір. Оскільки розсіювання зарядів діелектрика може відбуватись через об'єм і по його поверхні, розрізняють питомий об'ємний  $\rho_v$  (Ом · см) і питомий поверхневий  $\rho_s$  (Ом) опори. Порівняльна оцінка питомих електричних опорів матеріалів для взуття та одягу наведено у таблиці 3.

Таблиця 3

## Порівняльна оцінка питомих електричних опорів матеріалів для одягу та взуття

№ п/п	Назва матеріалу	Питомий електричний опір		
		Об'ємний $\rho_v$ , Ом·см	Поверхневий $\rho_s$ , Ом	
			з лицьової сторони	з не лицьової сторони
1	2	3	4	5
1	Півшкірок хромового методу дублення	$1,65 \cdot 10^{12}$	$5,1 \cdot 10^{12}$	$1,2 \cdot 10^{13}$
2	Спилок	$1,56 \cdot 10^{12}$	$9,3 \cdot 10^{10}$	$3,2 \cdot 10^{10}$
3	Юхта взуттєва	$7,59 \cdot 10^{12}$	$1,34 \cdot 10^{13}$	$9,3 \cdot 10^{12}$
4	Штучна шкіра – ТР	$1,24 \cdot 10^{11}$	$2,5 \cdot 10^9$	$2,5 \cdot 10^{10}$
5	Штучний футор	$4,5 \cdot 10^{11}$	$1,9 \cdot 10^{11}$	$1,9 \cdot 10^{11}$
6	Штучна шкіра – НТ	$2,15 \cdot 10^{12}$	$2,7 \cdot 10^{12}$	$4,4 \cdot 10^9$
7	Здубльований матеріал	$5,1 \cdot 10^{13}$	$9,3 \cdot 10^{12}$	$6,3 \cdot 10^{13}$
8	Пінополіуретан	$6,4 \cdot 10^{11}$	$9,3 \cdot 10^{13}$	$1,9 \cdot 10^{11}$
9	Еластошкіра – Т	$9 \cdot 10^{10}$	$8,3 \cdot 10^{11}$	$5,56 \cdot 10^{10}$
10	Вінілшкіра – ТР	$1,15 \cdot 10^{11}$	$6,5 \cdot 10^9$	$8,3 \cdot 10^{10}$
11	Вінілшкіра – НТ	$3,32 \cdot 10^{11}$	$1,2 \cdot 10^{12}$	$4,6 \cdot 10^{11}$
12	Вінілшкіра – НТ	$1,96 \cdot 10^{11}$	$7,9 \cdot 10^{11}$	$1,9 \cdot 10^{13}$
13	Двухшарова кірза	$4,2 \cdot 10^{10}$	$1,1 \cdot 10^{10}$	$1,9 \cdot 10^{10}$
14	Драп дубльований	$1,06 \cdot 10^{11}$	$3,5 \cdot 10^{11}$	$1,4 \cdot 10^8$
15	Діагональ	$9 \cdot 10^{10}$	$5,4 \cdot 10^{11}$	$5,4 \cdot 10^{11}$
16	Штучне хутро	$2,1 \cdot 10^{12}$	$7,2 \cdot 10^9$	$2,5 \cdot 10^{11}$

Продовження табл. 3

17	Термопластичний матеріал для між підкладки	$7,3 \cdot 10^{10}$	$5,36 \cdot 10^{11}$	$2,3 \cdot 10^{12}$
18	Пола хромтанідного методу дублення	$7,95 \cdot 10^{12}$	$6,48 \cdot 10^{12}$	$1,85 \cdot 10^{12}$
19	Шкірволон	$3,36 \cdot 10^{15}$	$6,02 \cdot 10^{13}$	$4,82 \cdot 10^{13}$
20	Гума пориста "Малыш"	$1,29 \cdot 10^{15}$	$3,7 \cdot 10^{13}$	$5,56 \cdot 10^{13}$
21	Картон устілковий "Bontex"	$1,83 \cdot 10^{11}$	$6,7 \cdot 10^{10}$	$5,56 \cdot 10^{10}$
22	Матеріал для курток	$9,5 \cdot 10^{14}$	$3,52 \cdot 10^{14}$	$8,56 \cdot 10^{14}$
23	Матеріал для курток	$1,65 \cdot 10^{14}$	$5,56 \cdot 10^{14}$	$9,5 \cdot 10^{14}$
24	Матеріал підкладковий	$5,2 \cdot 10^{11}$	$6,02 \cdot 10^{11}$	$5,56 \cdot 10^{11}$
25	Матеріал підкладковий	$9,34 \cdot 10^{12}$	$1,3 \cdot 10^{12}$	$9,3 \cdot 10^{12}$
26	Матеріал для спецодягу	$5,05 \cdot 10^{13}$	$6,48 \cdot 10^{13}$	$6,3 \cdot 10^{13}$
27	Матеріал для плаття	$2,52 \cdot 10^{10}$	$1,85 \cdot 10^{10}$	$9,3 \cdot 10^{10}$
28	Матеріал для костюмів	$1,04 \cdot 10^{14}$	$2,22 \cdot 10^{14}$	$2,4 \cdot 10^{14}$
29	Матеріал для костюмів	$7,2 \cdot 10^{14}$	$1,02 \cdot 10^{14}$	$1,3 \cdot 10^{14}$
30	Матеріал для виробничих халатів	$1,9 \cdot 10^{15}$	$1,9 \cdot 10^{15}$	$1,9 \cdot 10^{15}$

Результати випробувань свідчать, що дані матеріали характеризуються широким діапазоном питомих опорів (від  $10^9$  до  $10^{15}$  Ом; Ом·см<sup>2</sup>), що це пов'язано із їхньою фізико-хімічною структурою та хімічним складом.

Із матеріалів для верху взуття самі низькі значення питомих опорів мають штучні та синтетичні шкіри, текстильні матеріали за використанням натуральних волокон. Серед текстильних матеріалів для одягу також помітно висока електропровідність у матеріалів для плаття, у склад яких входить шерсть, а також підкладковий матеріал із віскозним волокном. Для цих матеріалів згідно зі шкалою, наведеною у роботі [5] показники електропровідності є достатньо добрими, тобто  $\rho_s = 10^{10} - 10^{11}$  Ом. Досить низькою електропровідністю володіє матеріал для костюмів ( $\rho_v = 1,04 \cdot 10^{14}$  Ом·см). Його питомий електричний опір

майже у 1156 раз більше ніж у діагоналі.

Із досліджуваних зразків для низу взуття досить низькою електропровідністю характеризується пола хромтанідного методу дублення ( $\rho_v=7,95 \cdot 10^{12}$  Ом · см), що пояснюється наявністю спеціального покриття, яке не дає змогу проникати парам вологи у структуру матеріалу. Високі значення питомих опорів характерні для шкірволону і гуми пористої “Малиш” ( $\rho_v=10^{15}$  Ом · см).

Проведені випробування свідчать, що для взуттєвих матеріалів, які мають різну фізико-хімічну структуру поверхневого шару, характерне неоднакове значення питомого поверхневого опору з лицьової та не лицьової сторони. Це твердження правомірне і для матеріалів курток, які мають якості поверхневого шару додаткове полімерне покриття.

Додатково було проведено випробування для спецодягу, яке експлуатується в умовах підвищеної температури. Результати наводяться в таблиці 4.

Таблиця 4

**Питомий поверхневий опір матеріалів для спецодягу**

№ п/п	Назва матеріалу	Питомий поверхневий опір $\rho_s$ , Ом	
		з лицьової сторони	з не лицьової сторони
1	2	3	4
1	Проволока алюмінієва	$< 10^8$	$< 10^8$
2	Ватін	$9,3 \cdot 10^9$	$9,3 \cdot 10^9$
3	Здубльований матеріал на тканинній основі	$5 \cdot 10^9$	$2,4 \cdot 10^9$
4	Здубльований матеріал на скловаті	$< 10^8$	$< 10^8$

Аналізуючи результати, можна зробити висновок, що використання таких матеріалів для одягу дасть змогу швидкому стіканню заряду статичної електрики з тіла людини. Цим не мало важливим фактором можна попередити чимало нещасних випадків.

**Висновки**

Отримані експериментальні дані досить повно характеризують електростатичні властивості матеріалів для взуття та одягу. На їхній основі можна прогнозувати, як будуть поводитись у готовому виробі ті чи інші матеріали, які умови будуть сприяти швидкому стіканню зарядів з тіла людини. У той же час теоретичний і практичний інтерес представляє встановлення емпіричних залежностей між величинами, що характеризують електростатичні властивості матеріалів, і величинами, які на них впливають.

**Література**

1. Теплинський А.М. Мосты для измерения высокоомных сопротивлений и малых постоянных токов. – Л.: Энергия, 1970. – 92 с.
2. Савчук Н.П. Элекризуемость обувных материалов и обуви и разработка мер ее снижения: Автореф. ... дис. канд. техн. наук. – Хмельницький, 1991. – 236 с.
3. Матков В.Н., Снегирев П.Ю., Запольський Ю.М. Изучение электрических сопротивлений искусственных кож и пленочных материалов // Кожев. – обув. промышленность. – 1987. – № 2. – С. 33-34.
4. Мигляченко О.Ф., Милосердов Ю.М. Вплив вологи й температури на питомий електричний опір штучної шкіри // Легка промисловість. – 1972. – № 3. – С. 44.
5. Статическое элктричество при переработке химических волокон / Под ред. И.П. Генца. – М.: Легкая индустрия, 1966. – 346 с.
6. Михеева Е.Я., Артышевская М.П. Определение удельного электрического сопротивления как нового показателя гигиенических свойств обувных материалов // Экспресс-информация. Обувная промышленность. – М.: ЦНИИГЭИ легпром, 1972. – Вып. II. – С. 3-9.
7. Запольський Ю.М., Куляков В.В., Волков А.Н. Оценка электризуемости искусственных кож // Кожев. – обув. Промышленность. – 1984. – № 7. – С. 13-14.
8. Копылов А.В., Качанов А.В., Дадыно В.П. и др. Статическое электричество в промышленности и методы защиты. – М.: МАИ, 1975. – С. 55.

Надійшла 2.2.2010 р.