

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЇ АНТИСТАТИЧНОЇ ОБРОБКИ ВОВНЯНИХ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПОЛІЕТИЛЕНГЛІКОЛІВ НИЗЬКОЇ МОЛЕКУЛЯРНОЇ МАСИ

*В статті досліджено показники питомого об'ємного і поверхневого електричного опору вовняних текстильних матеріалів. Встановлено їх оптимальну концентрацію. Відзначаючи взаємозв'язок між показниками гігроскопічності і значеннями поверхневої густини, констатовано обернено пропорційну залежність. Встановлено, що зростання вологовмісту спостерігається при вологості 52 % для зразків вовняних текстильних матеріалів, оброблених розчинами ПЕГ-600, ПЕГ-1500, ПЕГ-2000. Досліджено вплив антистатичної обробки на фізико-механічні властивості текстильних матеріалів, а саме на жорсткість та стійкість до прання. Показано, що дія антистатика не суттєво впливає на жорсткість волокна, а максимальний антистатичний ефект зберігається навіть після шостого циклу прання. Обробка розчинами ПЕГ вітчизняного виробництва не змінює ступенів білості, зменшуючи при цьому забруднюваність поверхні матеріалу. Пропонується використовувати поліетиленгліколи як добавки до синтетичних миючих засобів, ополіскувачів тканин, засобів для чищення вовняних, напіввовняних та синтетичних килимів, шампунів та кондиціонерів для ополіскування волосся.*

*Ключові слова: антистатичний ефект, поверхнево-активні речовини, текстильний матеріал.*

A.Y. HANZYUK, A.P. SHELESTYUK, I.A. IVASYUK

Khmelnitsky National University

## EVALUATION OF TREATMENT STATIK WOOLEN TEXTILE MATERIALS USIN LOW MOLECULAR WEIGHT POLYETHYLENE GLICOL

*Abstract – In the article the performance of specific volume and the surface electric resistance of woolen textiles. Established their optimal concentration. Noting the interrelation between parameters and values hygroscopic surface density stated inversely proportional dependence. It is established that rising moisture is observed at 52 % humidity for samples of wool textiles treated with solutions of PEG-600, PEG-1500, PEG-2000. The effect of antistatic treatment on physical and mechanical properties of textile materials, namely stiffness and resistance to washing. It is shown that the action of antistatic not significantly affect the fiber stiffness and maximum static effect lasts even after the sixth wash cycle. Processing solutions PEG domestic production does not change bilosti degrees, while reducing zabrudnyuvanist surface material. Proposed to use polyethylene as additive to detergents, rinses tissues, cleaning wool, semi and synthetic carpets, shampoos and conditioners for rinsing hair.*

*Keywords: antistatic effect, surfactants, textile material.*

Вовняний текстильний матеріал завдяки наявності комплексу унікальних природних властивостей, є одним з найбільш цінних видів сировини для текстильної промисловості. На світовому ринку попит на вовну з боку переробників зменшується, а умови господарювання виробників натуральних волокон ускладнюються через удосконалення технологій їхнього одержання та зростаючу пропозицію дешевших синтетичних. Щодо українського ринку, то тут проблеми у вівчарів ще гірші: останніми роками спостерігалася тенденція заміщення промислової переробки вітчизняної вовняної сировини імпортною.

Проблема забезпечення електростатичної безпеки на будь-якому промисловому підприємстві була і залишається актуальною. Це пов'язано передусім з тим, що електростатичний заряд, досягаючи величини від декількох сотень вольт до декількох тисяч вольт може стати причиною вибуху, займання, порушити роботу електронного устаткування і привести до людських жертв і матеріальних втрат. Необхідно також взяти до уваги край негативний вплив статичної електрики на здоров'я людини [1– 3]. Антистатика є продуктами, за допомогою яких можна зняти або знизити до допустимого рівня електростатичні заряди, які утворюються при виробництві волокон і при їх експлуатації. Залежно від стійкості антистатичного ефекту до прання або хімічної чистки розрізняють антистатика перманентної і не перманентної дії. В теперішній час для захисту і безпеки робітників таких професій як металург, нафтовик, зварювальник, хімік та інші, вітчизняні і зарубіжні фірми продовжують розробляти нові сучасні матеріали, які характеризуються комплексом необхідних споживачьких властивостей. В останні роки на російському ринку поширюється асортимент і підвищується популярність продукції відомої європейської фірми “Carington Career&Workweer Ltd”. “Carington” – одна із найстаріших компаній в Європі. Вона використовує в виробництві найновіше високотехнологічне обладнання класу “люкс” “state of equipment”, що забезпечує отримання високоякісної продукції [13]. Для захисту від статичної електрики в вогнезахисну сумісну тканину Flamesyat введена антистатична нитка Negastaf, а в аналогічну бавовняну тканину (100 % бавовна) Flamesyat cotton–антистатична нитка Resistat. Потрібно відмітити, що Negastaf – це герметична токопровідна нитка з вуглецевим ядром, захищена від дії води і високих температур. Її функція основана на нейтралізації статичного натягу з поверхні тканини, за рахунок індукційних зарядів і повітряної іонізації. Антистатичні властивості характеризуються показниками швидкості зняття заряду за одиницю часу (згідно з EN1149-3 швидкість зняття напруги не повинна перевищувати 0,04 с). Resistat – це нитка на основі поліамідного волокна, хімічно насичена електропровідними вуглецевими частинами (вуглець являється частиною структури волокна). Міцність і гнучкість нитки зберігається. Resistat проводить низькі потоки

напруги, не дозволяючи зарядам накопичуватися на поверхні тканини. По захисту від статистичної електрики вогнезахисні тканини, які містять антистатичні нитки, відповідають вимогам європейських і російських стандартів (EN1149-3 і ГОСТ 19616 – 74) [4– 8].

Щоб прослідкувати за змінами електропровідності зразків оброблених антистатиками, було визначено значення поверхневого опору необроблених зразків, які наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

## Залежність питомого поверхневого опору від концентрації антистатичних препаратів

Концентрація препарату	Питомий поверхневий опір, Ом					
	ПЕГ – 600		ПЕГ-1500		ПЕГ-2000	
	$R_s$	$\rho_s$	$R_s$	$\rho_s$	$R_s$	$\rho_s$
0	$3,61 \cdot 10^{10}$	$3,34 \cdot 10^{12}$	$3,61 \cdot 10^{10}$	$3,34 \cdot 10^{12}$	$3,61 \cdot 10^{10}$	$3,34 \cdot 10^{12}$
5	$1,48 \cdot 10^8$	$1,37 \cdot 10^{10}$	$1,12 \cdot 10^9$	$1,04 \cdot 10^{11}$	$6,14 \cdot 10^9$	$5,68 \cdot 10^{11}$
6	$1,12 \cdot 10^8$	$6,48 \cdot 10^{10}$	$1,7 \cdot 10^9$	$1,61 \cdot 10^{11}$	$2,82 \cdot 10^9$	$2,61 \cdot 10^{11}$
7	$10 \cdot 10^8$	$9,26 \cdot 10^{10}$	$1,85 \cdot 10^9$	$1,71 \cdot 10^{11}$	$4,01 \cdot 10^9$	$3,71 \cdot 10^{11}$
8	$3,14 \cdot 10^8$	$2,9 \cdot 10^{10}$	$3,9 \cdot 10^9$	$3,62 \cdot 10^{11}$	$2,5 \cdot 10^9$	$2,32 \cdot 10^{11}$
9	$1,99 \cdot 10^8$	$1,84 \cdot 10^{10}$	$5,54 \cdot 10^9$	$5,13 \cdot 10^{11}$	$8,14 \cdot 10^9$	$7,54 \cdot 10^{11}$
10	$2,72 \cdot 10^8$	$2,52 \cdot 10^{10}$	$7,46 \cdot 10^9$	$6,9 \cdot 10^{11}$	$1,2 \cdot 10^9$	$1,1 \cdot 10^{11}$

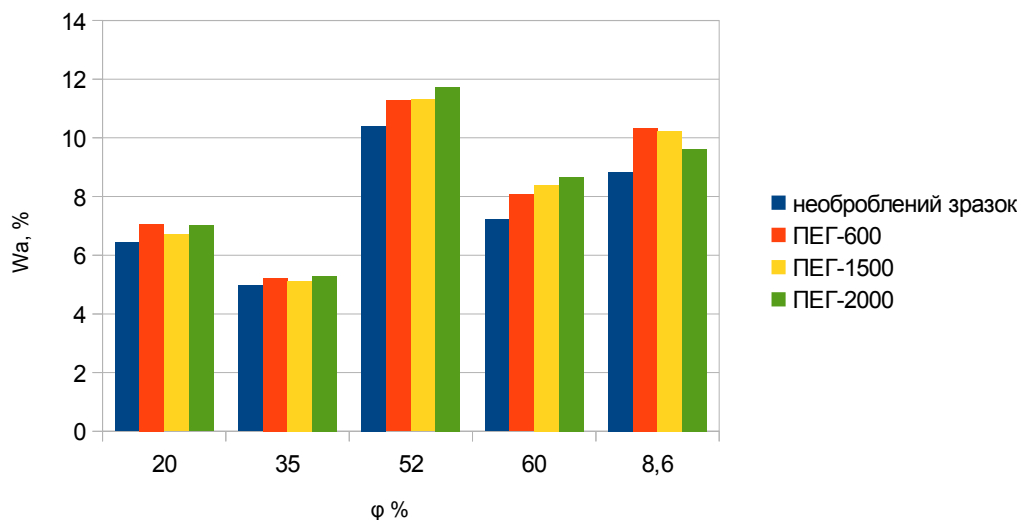
Аналізуючи її можна зробити висновок, що вже при концентрації ПАР 5г/л відбувається суттєве зменшення показників питомого поверхневого опору. Найкращий результат показав ПЕГ-600, знизивши опір вовняного текстильного матеріалу на 2 порядки. Попередній експеримент дав можливість зробити висновок, що при використанні ПЕГ-600 доцільно готувати їх розчини з концентрацією 6 г/л, ПЕГ-1500 – 6 г/л, ПЕГ-2000 – 8 г/л. З літературних джерел відомо, що час стікання заряду  $\tau$  (сек.) є найбільш точним та достовірним значенням в порівнянні з напруженістю електричного поля (Е, В/см), питомим поверхневим опором ( $\rho_s$ , Ом) питомим об'ємним опором ( $\rho_v$ , Ом·см), а тому було проведено дослідження необроблених та оброблених зразків розчинами ПЕГ низької та високої молекулярної маси в інституті токсикології і вірусології ім. Медведя (м. Київ). Дослідження проводились при температурі 20 °С та вологості 58 %, 63 % [4– 9].

Таблиця 2

## Результати досліджень часу стікання заряду, питомого поверхневого і об'ємного опору, напруженості електричного поля оброблених і необроблених вовняних текстильних матеріалів

№ зразка	Вид та концентрація ПЕГ, г/л	Час стікання заряду $\tau$ , с	Питомий поверхневий опір $\rho_s$ , Ом	Питомий об'ємний опір $\rho_v$ , Ом·см	Напруженість електричного поля, Е, В/см
1	Необроблений зразок	20,3	$2,93 \cdot 10^{12}$	$2,89 \cdot 10^{13}$	3800
2	ПЕГ-600, 6 г/л	1,1	$3,37 \cdot 10^{10}$	$1,17 \cdot 10^{10}$	2100
3	ПЕГ – 1500, 6г/л	1,4	$3,52 \cdot 10^{11}$	$1,18 \cdot 10^{11}$	2300
4	ПЕГ -2000, 8г/л	1,2	$5,08 \cdot 10^{11}$	$1,18 \cdot 10^{11}$	1950

Для того, щоб визначити зміну властивостей тканини після обробки антистатичними препаратами, проведені випробування по визначенню залежності вологовмісту текстильних матеріалів від відносної вологості повітря. Експеримент проводився при відносній вологості 20 %, 35 %, 50 %, 62 % 80,6 % і температурі 20°С. Дані вимірювань наведені на рисунку 1.

Рис. 1. Залежність вологовмісту ( $W_a$ ) текстильних матеріалів після обробки ПЕГ (10 г/л) від відносної вологості повітря ( $\phi$  %)

Найбільше зростання вологовмісту спостерігається при вологості 52 % для зразків вовняних текстильних матеріалів, оброблених розчинами ПЕГ-600, ПЕГ-1500, ПЕГ-2000. Найкращі показники у всіх випадках отримано для ПЕГ-2000. Тобто зменшення поверхневого опору відбувається за рахунок збільшення вологовмісту тканини, що і є закономірним процесом, адже всі поліетиленгліколи як низької, так і великої молекулярної маси характеризуються високою здатністю утримувати вологу. Дослідження впливу антистатичних агентів на жорсткість текстильних матеріалів наведені у таблиці 3.

Таблиця 3

**Вплив антистатичних препаратів на жорсткість текстильних матеріалів**

Концентрація препарату	ПЕГ-600		ПЕГ-1500		ПЕГ-2000	
	основа	уток	основа	уток	основа	уток
0	47	45	47	45	47	45
5	89	81	57	53	77	62
6	90	85	63	55	81	65
7	95	87	69	59	83	69
8	99	92	72	63	88	74
9	104	94	76	68	94	78
10	107	98	81	72	97	83

Вже при концентрації антистатичного препарату ПЕГ-600 5 г/л жорсткість зростає у 2 рази. Зате при обробці розчинами ПЕГ-1500 і ПЕГ-2000 така тенденція спостерігається при їх концентрації 8 г/л. Це пояснюється утворенням на поверхні оброблених зразків полімерної плівки, яка і надала незначної жорсткості. Тому для розробки композиційних препаратів, що нададуть стійкого антистатичного ефекту пропонується обрати ПЕГ-1500 або ПЕГ-2000, вводячи в склад композиції ПАР у якості пом'якшувачів.

Так як вовна відноситься до найбільш гігроскопічного текстильного матеріалу, вивчено та оцінено зміну показників гігроскопічності до та після обробки водорозчинними полімерами, результати яких наведені у таблиці 4 [13– 16].

Таблиця 4

**Визначення показників гігроскопічності досліджуваних зразків**

Досліджуваний зразок	Значення показника Wa, %
Необроблений	12
ПЕГ-600	14
ПЕГ-1500	15
ПЕГ-2000	16

Завдяки властивостям поліетиленгліколів утримувати вологу, значення показників гігроскопічності досліджуваних зразків характеризується тенденцією до зростання.

При обробці розчинами водорозчинних плівкоутворюючих полімерів – поліетиленгліколів у якості каталізатора використовується КОН (концентрацією від 0,6г до 1,25г на 250 мл розчину), що суттєво вплине на міцність вовняного матеріалу. Незважаючи на те, що концентрація КОН незначна, було проведено дослідження міцності оброблених зразків, так як агресивні хімічні реагенти та високі температури значною мірою руйнують цілісну білкову структуру вовни, погіршуючи якість готових виробів. В таблиці 5 наведено результати показників відносного розривного навантаження вовняних текстильних матеріалів, оброблених розчинами ПЕГ.

Таблиця 5

**Дослідження ступеня пошкодження та міцності зразків**

Досліджений зразок	Розривне навантаження, Н		Подовження, мм	
	основа	уток	основа	уток
Необроблений	18,1	12,9	16,1	17,6
ПЕГ-600	23,8	21,8	10,1	13,5
ПЕГ-1500	21,5	15,9	17,3	20,4
ПЕГ-2000	20,9	14,6	19,1	20,3

Міцність зразків, оброблених розчинами антистатичних препаратів в присутності навіть незначної кількості КОН (згідно з методикою його використали в кількості, яка в 2 рази менша від концентрації ПЕГ) не зменшується, а, навпаки, зростає. Це, можливо, пояснюється утворенням під час реакції переетерифікації полімерної плівки, яка і надає міцності вовняному текстильному матеріалу.

Накопичення пилу на поверхні і міжструктурному просторі знижує загальну пористість текстильного матеріалу, що негативно впливає на проникність, приводячи до порушення масо- і теплообмінного процесу між поверхнею матеріалу і оточуючим середовищем, що призводить загалом до

негативних реакцій організму людини [10-11]. Дослідження характеристик ступеню білості вовняних текстильних матеріалів до та після обробки наведені в таблицях 6– 7.

Таблиця 6

**Значення показників ступеню білості та концентрації забруднень на волокні**

Досліджений зразок	Середнє значення ступеню білості, %	Концентрація забруднень на волокні, %
Необроблений	53,6	1,95
ПЕГ-600	53	1,53
ПЕГ-1500	56,3	1,03
ПЕГ-2000	54,3	1,74

Таблиця 7

**Значення показників ступеню білості та концентрації забруднень на волокні після прання**

Досліджений зразок	Середнє значення ступеню білості, %
Необроблений	52,6
ПЕГ-600	63,6
ПЕГ-1500	57,6
ПЕГ-2000	54,3

Аналіз результатів досліджень характеристик забрудненості вовняних текстильних матеріалів показав, що зразки, оброблені розчином ПЕГ-600 не тільки зменшили на 2 порядки опір текстильного матеріалу, а й, крім того, забруднюваність поверхні матеріалу, про що свідчать показники ступенів білості.

Таким чином, досліджено показники питомого об'ємного і поверхневого електричного опору вовняних текстильних матеріалів. Встановлено їх оптимальну концентрацію. Відзначаючи взаємозв'язок між показниками гіроскопічності і значеннями поверхневої густини, констатовано обернено пропорційну залежність. Встановлено, що зростання вологовмісту спостерігається при вологості 52 % для зразків вовняних текстильних матеріалів, оброблених розчинами ПЕГ-600, ПЕГ-1500, ПЕГ-2000. Досліджено вплив антистатичної обробки на фізико-механічні властивості текстильних матеріалів, а саме на жорсткість та стійкість до прання. Показано, що дія антистатика не суттєво впливає на жорсткість волокна, а максимальний антистатичний ефект зберігається навіть після шостого циклу прання. Обробка розчинами ПЕГ вітчизняного виробництва не змінює ступенів білості, зменшуючи при цьому забруднюваність поверхні матеріалу. Пропонується використовувати поліетиленгліколі, як добавки до синтетичних миючих засобів, ополіскувачів тканин, засобів для чищення вовняних, напіввовняних та синтетичних килимів, шампунів та кондиціонерів для ополіскування волосся.

**Література**

1. Сажина Б.И. Электрические свойства полимеров / Под ред. Б.И. Сажина. – Л. : Химия, 1970. – 376 с.
2. Леб Л. Статическая Электризация / Л. Леб; [Пер. с англ. Леб Л.]. – М. – Л. : Энергоиздат, 1963. – 408 с.
3. ТэнЭсеску Ф. Электростатика в технике / Ф. Тэнэсеску, Р. Крамариук; [Пер. с рум Ф. Тэнэсеску]. – М. : Энергия, 1980. – 296 с.
4. Сажина Б.И. Статическое Электричество в химической промышленности / Под ред. Б.И. Сажина. – 2-е изд. – Л. : Химия, 1977. – 252 с.
5. Копылов А.В., Статическое Электричество в промышленности и методы защиты / А.В Копылов., А.В., Качанов, В.П. Дадько и др // – М. : МАИ, 1975. – 55 с.
6. Филиппов В.И. Состояние и задачи научных разработок по защите от статического Электричества / В.И.Филиппов Вопросы электро-безопасности в народном хозяйстве. Темат. сборник. Всесоюз. центр научн. – исслед. инст охр. труда ВЦСПС. – М. : ВЦНИЕТ, 1974. – С. 70 – 75.
7. Лобанов А.М. Электризация полимеров / А.М. Лобанов, А.Х. Славнов // – Л. : Химия, 1968. – С. 7 – 8.
8. Меркулова А.И. Электризуемость некоторых материалов, применяемых для одежды, и пути ее снижения. : автореф. дис. канд. техн. наук. / А.И. Меркулова. – М., 1969. – 32 с.
9. Журавлев В.С. О методе расчета опасных потенциалов статического электричества на человеке при переработке диЭлектрических Электризующихся матерялов. Методы и средства защиты организма человека от статического Электричества / В.С. Журавлев, П.Л. Хефтер, А.С. Бобков. – М. : МДНТП, 1988. – С. 172 – 178.
10. Полонник П.А. О свойствах различных материлов электризованных разноименно и об использовании этого свойства для улучшения технологического процесса и защиты организма человека от действия статического электричества. Методы и средства защиты организма человека от статического электричества / П.А. Полонник. – М. : МДНТП, 1968. – С. 4 – 10.
11. Остряков И.А., Воздействие статического электричества на человека / И.А.Остряков, Р.И.

Воробев Р.И. Труды ВНИИПИК, Легкая индустрия, 1964, сборник ь15. – С.103-113.

12. Воробев Р.И. Некоторые вопросы биохимического действия электростатических, магнитных и электромагнитных полей на живой организм. Методы и средства защиты человека от статического Электричества / Р.И. Воробев, И.А. Остряков. – М. : МДНТП, 1968. – С. 200 – 204.

13. ХОСТ 12.4.124-83. ССБТ. Средства защиты от статического Электричества. Общие технические требования. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 4 с.

14. Топоров Ю.П. О влиянии шероховатости и дефектности поверхности твердых тел на их трибоэлектризацию. Защита от вредного воздействия статического Электричества в народном хозяйстве / Ю.П. Топоров, Т.Н. Владыкина. – Черкассы : НИИТЭХИМ, 1984. – С.28 – 29.

15. Хефтер П.Л. Трение и Электризация текстильных нитей / П.Л. Хефтер, И.В. Локшина // – М. : ЦНИИТЭИлегпром, 1973. – 72 с.

## References

1. Sazhyna B.Y. E'lektrycheskye svoystva polymerov / Pod red. B.Y. Sazhyna. – L. : Khymyia, 1970. – 376 p.
2. Leb L. Statycheskaia e'lektryzatsiia / L. Leb; [Per. s anhl. Leb L.]. – M. – L. : Hos e'nerhoizdat, 1963. – 408 p.
3. Te'ne'sesku F. E'lektrostatyka v tekhnike / F. Tэnэsesku, R. Kramariuk; [Per. s rum F. Tэnэsesku]. – M. : E'nerhyia, 1980. – 296 p.
4. Sazhyna B.Y. Statycheskoe e'lektrychestvo v khymycheskoi promy'shlyennosti. L. : Khymyia, 1977. – 252 p.
5. Kopy'lov A.V., Statycheskoe e'lektrychestvo v promy'shlyennosti y metody' zashchyty' / A.V Kopy'lov., A.V., Kachanov, V.P. Dady'ko y dr // – M. : МАУ, 1975. – 55 p.
6. Fylyppov V.Y. Sostoianye y zadachy nauchny'kh razrabotok po zashchyte ot statycheskoho e'lektrychestva / V.Y.Fylyppov Voprosy' e'lektrobezopasnosti v narodnom khoziaistve. Temat. sbornyk. Vsesoiuzn. tsentr nauchn. – ysl. ynst okhr. truda VTsSPP. – M. : VTsNYOT, 1974. – P. 70 – 75.
7. Lobanov A.M. E'lektryzatsiia polymerov / A.M. Lobanov, A.H. Slavnov // – L. : Khymyia, 1968. – P. 7 – 8.
8. Merkulova A.Y. E'lektryzuiemost' nekotory'kh materyalov, pryменяemy'kh dlia odezhdy', y puty ee snyzheniia. : avtoref. dyp. kand. tekhn. nauk. / A.Y. Merkulova. – M., 1969. – 32 p.
9. Zhuravlev V.P. O metode rascheta opasny'kh potentsyalov statycheskoho e'lektrychestva na cheloveke pry pererabotke dye'lektrycheskykh e'lektryzuiushchykh materyalov. Metody' y sredstva zashchyty' orhanyzma cheloveka ot statycheskoho e'lektrychestva / V.P. Zhuravlev, P.L. Hefter, A.P. Bobkov. – M. : MDNTP, 1988. – P. 172 – 178.
10. Polonnyk P.A. O svoistvakh razlychny'kh materyalov e'lektryzovatsia raznoymenno y ob yspolzovany e'toho svoystva dlia uluchsheniia tekhnolohycheskoho protsessa y zashchyty' orhanyzma cheloveka ot deistviia statycheskoho e'lektrychestva. Metody' y sredstva zashchyty' orhanyzma cheloveka ot statycheskoho e'lektrychestva / P.A. Polonnyk. – M. : MDNTP, 1968. – P. 4 – 10.
11. Ostriakov Y.A., Vozdeistviye statycheskoho e'lektrychestva na cheloveka / Y.A.Ostriakov, R.Y. Vorobev R.Y. Trudy' VNYYPYK, Lehkaia yndustryia, 1964, sbornyk #15. – P.103-113.
12. Vorobev R.Y. Nekotory'e voprosy' byolohycheskoho deistviia e'lektrostatycheskykh, mahnytny'kh y e'lektromahnytnykh polei na zhyvoi orhanyzm. Metody' y sredstva zashchyty' cheloveka ot statycheskoho e'lektrychestva / R.Y. Vorobev, Y.A. Ostriakov. – M. : MDNTP, 1968. – P. 200 – 204.
13. HOST 12.4.124-83. ССБТ. Средства защиты от статического e'lektrychestva. Obshchye tekhnicheskye trebovaniia. – M. : Yzd-vo standartov, 1983. – 4 p.
14. Toporov Yu.P. O vliyaniy sherokhovatosti y defektnosti poverkhnosti tverd'y'kh tel na ykh tryboe'lektryzatsiyu. Zashchyta ot vrednoho vozdeistviia statycheskoho e'lektrychestva v narodnom khoziaistve / Yu.P. Toporov, T.N. Vlady'kina. – Cherkassy' : NYYTE'KhYM, 1984. – P.28 – 29.
15. Hefter P.L. Trenye y e'lektryzatsiia tekstyl'ny'kh nytei / P.L. Hefter, Y.V. Lokshyna // – M. : TsNYYTE'Ylehprom, 1973. – 72 p.

Рецензія/Peer review : 12.3.2013 р.

Надрукована/Printed : 7.4.2013 р.

Статтю предствляє: к.т.н. Бубенщикова Г.Т.