

### Список літератури

1. Лазарева Н.В. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей. В 3 т., Т. II / Н.В. Лазарева, Э.Н. Левина. – 7-е изд., пер. и доп. – Л.: Химия, 1976. – 624 с.
2. Станкевич К.А. Гигиена применения полимеров / К.А. Станкевич [и др.]. – К.: Здоров'я, 1976. – 145 с.
3. Ли Я.Б. Гигиеническая характеристика условий труда в современном производстве эпоксидных смол / Я.Б. Ли // Довкілля та здоров'я. – 2001. – № 1 (16). – С. 46-48.
4. Маненко А.К. Гігієнічна та токсикологічна оцінка декоративної епоксидної самовирівнювальної підлоги (залівного компаунда) / А.К. Маненко [та ін.] // Практична медицина. – 2006. – № 5, т. XII. – С. 112-117.

УДК 678.745.6:678.686

Сильченко О.Є. (ДонНУЕТ, Донецьк)

### ФУНКЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕПОКСИТІРАНОВИХ КЛЕЇВ, НАПОВНЕНИХ МЕТАЛЕВИМИ ПОРОШКАМИ

*У статті наведено результати визначення показників функційних властивостей епокситіранових клеїв, наповнених дрібнодисперсними порошками різних металів.*

**Ключові слова:** *епокситіранова смола, отверджувач, дисперсний наповнювач, швидкотвердні клейові композиції, термінові ремонтні роботи, адгезійна міцність.*

**Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.** Сучасний асортимент епоксидних клеїв на українському ринку досить широкий і представлений як вітчизняними, так і зарубіжними виробниками [1]. Клеї мають різне призначення, тому відрізняються за складом, консистенцією, способом отвердження, характером склеювання. З розвитком хімічних технологій зростають обсяги виробництва і споживання клейових матеріалів на основі епоксидних смол, з'являються нові торговельні марки, підвищуються й вимоги споживачів до якості продукції. Як показано в публікації [2], широке застосування знаходять полімерні композиційні матеріали, що дозволяють проводити ремонт технологічного обладнання в харчовій, хімічній, металургійній промисловості, трубопроводів, контейнерів протягом досить короткого часу.

У побутових умовах також є потреба в швидкотвердних клеях з високою адгезійною міцністю, тепло-, водостійкістю, стійкістю до впливу мастил і розчинників, без усадки і розширення при отвердженні, призначених для ізоляції тріщин, пор, зазорів, ліквідації витоків та усунення інших дефектів, ремонту й відновлення водонагрівачів та водних резервуарів, баків, радіаторів, фітингів з різних видів металів і їх сплавів. Потребою в таких клейових матеріалах пояс-

нуються великий інтерес до ремонтних сумішей типу «холодне зварювання». Функціональні характеристики таких клеїв залежать від складових та їх кількості, і таким чином можуть регулюватися.

В Україні швидкотвердні клеї представлені в основному зарубіжними виробниками, тому є актуальними дослідження, що спрямовані на розробку високонаповнених швидкотвердних епоксидних клейових композицій з підвищеними експлуатаційними властивостями для виконання термінових ремонтних робіт металевих виробів побутового призначення на основі використання наявної більш дешевої вітчизняної сировинної бази.

Виготовлення швидкотвердних клеїв є важливим завданням сучасного хімічного виробництва. Тому має значення, які саме смоли використовуються як основний компонент. З цих позицій слід звернути увагу на тїранові сполуки [3; 4]. Вирішення цього питання є цікавим у декількох аспектах. По-перше, у вітчизняній промисловості тїрани не мають широкого практичного застосування, проте значні відомості про їх властивості [5-7] дозволяють вважати можливим упровадження епітіосполук у практику майбутнього. По-друге, проведення за останні роки вдосконалення процесів очищення нафти, збільшення обсягів розробки та переробки поліметалевих сірковмісних руд пов'язані з безперервним збільшенням запасів елементної сірки та її простих сполук. У цьому аспекті хімія тїранів дає необмежені можливості як один із напрямків утилізації сірки, отримання з неї її простих сполук різних органічних похідних для використання в науці і техніці.

На сьогодні проведений комплекс пошукових робіт, який показав принципову можливість створення подібних матеріалів на вітчизняній сировинній базі. В УкрНДІпластмас разом з науковцями Донецького національного університету економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського розроблено епокситїранову смолу [8; 9], що досліджується як основа швидкотвердного клею побутового призначення.

Аналіз чинних нормативних документів і вивчення робіт багатьох дослідників показали, що для оцінки функційних властивостей клеїв доцільно використовувати показники деформаційно-міцнісних і адгезійних властивостей.

**Метою статті є порівняльний аналіз показників функційних властивостей зразків епокситїранових клеїв, що містять у своєму складі як наповнювачі дрібнодисперсні порошки різних металів.**

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Об'єктами дослідження є плівкові зразки товщиною 100-150 мкм, що отримані в результаті отвердження наповнених епокситїранових смол між двома полірованими поверхнями металевих плит, покритих тонким шаром антиадгезиву.

Епокситїранова смола синтезована таким способом: у реакційну колбу завантажуються 228 г (3,0 моль) тіосечовини, 300 мл дистильованої води і 600 мл етанолу. До отриманої маси при перемішуванні і температурі 10-50 °С рівномірно дозується протягом 3-х годин розчин 340 г тіогліциділового ефіру дифенілпропану (з масовою часткою епоксидних груп не менше 22 %) у 700 мл толуолу. Після додавання всієї кількості діепоксиду реакційну масу додатково перемішують (10-50 °С) протягом 5-10-ти годин. Потім доливають 500 мл дис-

тильованої води, відокремлюють розчин тїрану в толуолі, з якого (після триразового промивання водою) видаляють розчинник при зниженому тиску і температурі не вище 120 °С. Виходить 348 г продукту (рухлива рідина, що кристалізується при зберіганні, жовтого кольору) з вмістом сірки 16,76 %. Реакція отримання епокситїранової смоли наведена на рисунку 1.

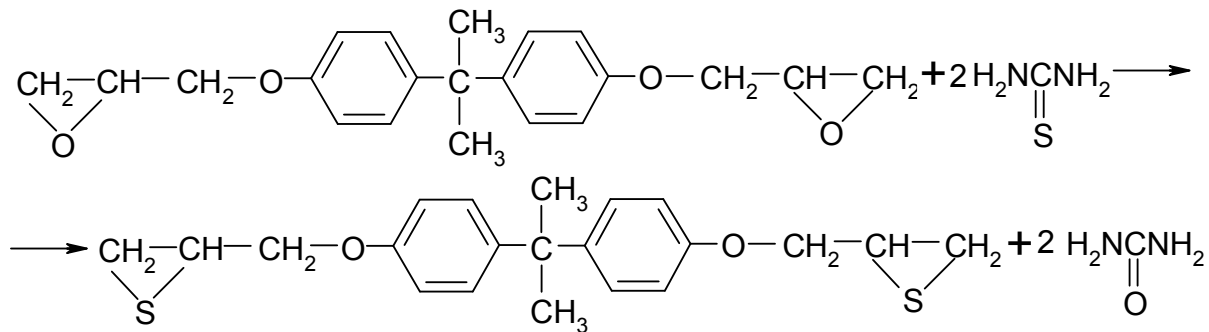


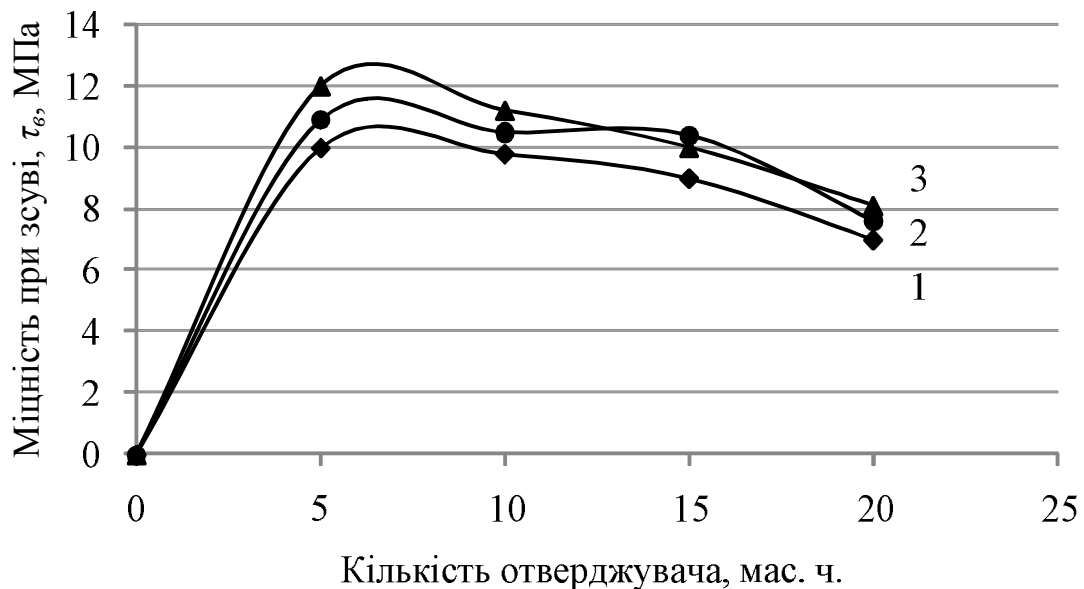
Рисунок 1 – Реакція отримання епокситїранової смоли

У ході приготування клейової композиції як отверджувач використовувалась суміш [10], виготовлена з таких сполук у співвідношенні: діетилентриамін (ДЕТА) – отверджувач холодного отвердження для епоксидних смол і композицій на їх основі – 15 мас. ч., діетилентриамінометилфенол (УП-583Д) – високоактивний отверджувач, що застосовується для отвердження при низьких температурах в умовах підвищеної вологості і під водою – 20 мас. ч., поліамідний отверджувач (ПО-300) – 15 мас. ч.

У результаті отвердження епокситїранової смоли різною кількістю цього отверджувача (від 5 до 10 мас. ч. на 100 мас. ч. тїрану) за режимами (20±2) °С/1 год, (20±2) °С/24 год, (20±2) °С/168 год установлено, що швидке зростання адгезійної міцності клейової композиції при зсуві ( $\tau_6$ ) спостерігається вже в першу годину отвердження. При цьому максимальні значення  $\tau_6$  досягаються для клею, що містить лише 5 мас. ч. отверджувача. Зі збільшенням його концентрації адгезійна міцність зменшується, особливо швидко, якщо вміст суміші складає більше 10 мас. ч., що відображено на рисунку 2.

Наповнення – один з основних способів отримання синтетичних клеїв із заданими технологічними та експлуатаційними властивостями [11]. Залежно від природи субстрату до складу клеїв вводять різні наповнювачі, що також дозволяє знизити вартість клею. Перспективним є використання дрібнодисперсних порошків різних металів. У більшості випадків механічна міцність клеїв зростає пропорційно вмісту та ступеня дисперсності наповнювача. Ефективність впливу наповнювача визначається також ступенем його сумісності з клеєм. Якщо наповнювач має функціональні групи, здатні утворювати з олігомерами різні типи зв'язків, то в цьому випадку введення наповнювача призводить до збільшення когезійної міцності клейового шва.

Зміцнення полімерів за умови введення дисперсних наповнювачів відбувається завдяки утворенню в результаті взаємодії частинок наповнювача одна з одною безперервного каркаса, що армує.



1 – (20±2) °C/1 год; 2 – (20±2) °C/24 год; 3 – (20±2) °C/168 год

Рисунок 2 – Залежність адгезійної міцності епокситіранового клею при зсуві ( $\tau_e$ ) від кількості отверджувача

Накладення різних факторів, що впливають на міцність, призводить до того, що в ряді випадків спостерігається екстремальна залежність міцності від ступеня наповнення, що характеризується наявністю концентраційного оптимуму. Він розглядається як межа насичення макромолекулами адсорбційних центрів на поверхні наповнювача. За наявності наповнювача, що перевищує цей оптимум, порушується безперервність сітчастої структури [12].

Для наповнення епокситіранової смоли та отверджувача використовували дрібнодисперсні порошки алюмінію, заліза, міді, нікелю, які додавали до них окремо по 10 мас. ч., з метою поліпшення в'язкості, забезпечення мінімальної усадки при отвердженні, зниження внутрішнього напруження зразків клеїв.

Час желатинізації, або життєздатність клею ( $\tau_{жел}$ ) – час, протягом якого клей зберігає здатність до переробки у в'язкоплинному стані після додавання в нього сполук, що викликають отвердження, – визначали візуально за допомогою секундоміра як час до того моменту, коли полімер втрачає плинність.

Механічні властивості пліткових зразків товщиною при одновісному розтягуванні – міцність при розтягуванні, або руйнівне напруження ( $\sigma_p$ ), і відносне видовження (деформацію) при розриві ( $\varepsilon_p$ ) – визначали на приладі типу Полянї з жорстким динамометром і автоматичною реєстрацією вимірюваних величин [13]. Швидкість деформування становила  $3,83 \cdot 10^{-5}$  м/с. Модуль пружності ( $E$ ) розраховували за нахилом початкової ділянки кривої  $\sigma$ – $\varepsilon$ .

Згідно з даними таблиці 1, отримані клейові композиції забезпечують високу швидкість отвердження, і вже через 1 годину при кімнатній температурі в тонких плівках досягаються непогані деформаційно-міцнісні характеристики. А через добу руйнівне напруження зростає в 3,9-8,9 разу залежно від наповнювача. Випробування зразків, проведені через тиждень, показують збільшення по-

казника ще на 11,5-88,5 %. Значно зросла міцність клею, наповненого залізним порошком – на 240,4 %. Найбільшу міцність при розтягуванні має композиція з мідним порошком (56,40 МПа), яка також характеризується вищою життєздатністю, про що свідчить значення  $\tau_{жесл} = 2,58$  хвилин.

Таблиця 1 – Деформаційно-міцнісні властивості наповнених епокситіранових клейових композицій

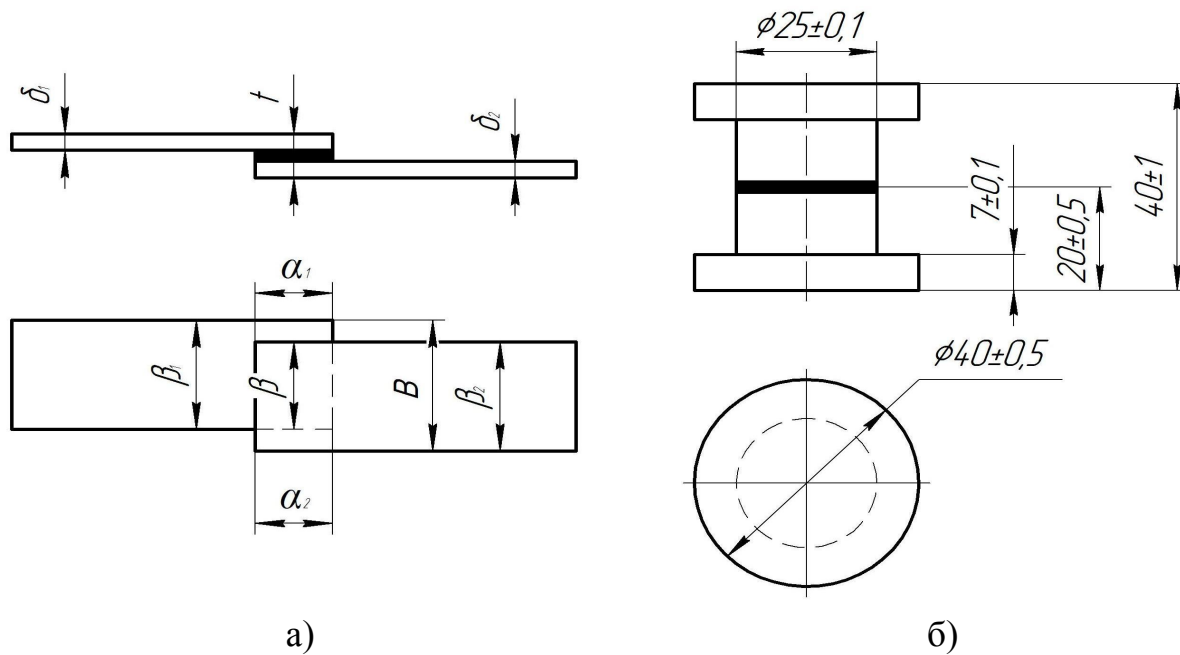
Склад композиції, мас. ч.	Час желатинізації, $\tau_{жесл}$ , хв	Час отвердження, $\tau_{отв}$ , год	Руйнівне напруження, $\sigma_p$ , МПа	Деформація при розриві, $\varepsilon_p$ , %	Модуль пружності, $E$ , ГПа
Тіран – 10 Отверджувач – 5	1,83	1	7,25	47,12	0,04
		24	28,15	7,20	0,90
		168	31,40	5,32	1,10
Тіран – 10 Алюмінієвий порошок – 10 Отверджувач – 5 Алюмінієвий порошок – 10	2,17	1	3,60	18,70	0,05
		24	31,90	3,04	0,98
		168	47,10	3,04	1,30
Тіран – 10 Залізний порошок – 10 Отверджувач – 5 Залізний порошок – 10	1,58	1	2,40	17,70	0,03
		24	14,60	2,28	0,63
		168	49,70	2,28	1,30
Тіран – 10 Мідний порошок – 10 Отверджувач – 5 Мідний порошок – 10	2,58	1	4,30	40,28	0,07
		24	33,50	3,04	1,10
		168	56,40	3,04	1,45
Тіран – 10 Нікелевий порошок – 10 Отверджувач – 5 Нікелевий порошок – 10	1,83	1	6,30	36,96	0,03
		24	28,80	3,30	1,00
		168	54,30	3,30	1,40

У той же час ці плівки мають значно більшу деформаційну здатність після 1 години тверднення (40,28 %), витримка протягом 1 тижня при кімнатній температурі призводить до зменшення показника деформації до 3,04%.

Слід зазначити, що зразок без наповнювача має гірші значення показників. Так, епокситіранова смола швидко кристалізується, час желатинізації дорівнює 1,83 хвилини, що співпадає зі значенням для композиції з нікелем; знач-

но нижче руйнівне напруження (31,40 МПа), найвища деформація при розриві (47,12 % через 1 годину тверднення, 5,32 % – 168 годин). Тривале отвердження зразків призводить до збільшення модуля пружності, тобто збільшується жорсткість плівок. Значення показника практично однакове для всіх композицій.

Адгезійну міцність при зсуві ( $\tau_e$ ) і рівномірному відриві ( $\sigma_{p.v.}$ ) визначали на сталевих зразках, схему замірювання та склеювання яких подано на рисунку 3, згідно з ГОСТом 14759-69 «Клеевые соединения металлов. Метод определения прочности при сдвиге» та ГОСТом 14760-69 «Клеевые соединения металлов. Метод определения прочности при отрыве» відповідно.



а) при зсуві; б) при рівномірному відриві

Рисунок 3 – Схема замірювання та склеювання зразків для механічного випробування клейових з'єднань

Зразки клейових з'єднань кожної клейової композиції піддавали трьом випробуванням і розраховували середні значення показників адгезійної міцності при зсуві ( $\tau_e$ ) і рівномірному відриві ( $\sigma_{p.v.}$ ), що відображено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Результати випробувань адгезійної міцності клейових з'єднань при зсуві та рівномірному відриві

№ композиції	Адгезійна міцність клейових з'єднань					
	при зсуві, $\tau_e$ , МПа			при рівномірному відриві, $\sigma_{p.v.}$ , МПа		
	22°C/1 год	22°C/24 год	22°C/168 год	22°C/1 год	22°C/24 год	22°C/168 год
1	12,1	13,7	14,1	45,0	57,3	59,6
2	12,0	15,0	17,9	60,0	78,0	79,8
3	10,3	13,8	14,0	59,8	73,5	79,1
4	9,2	12,0	12,3	60,4	76,1	77,6
5	8,1	9,6	12,0	60,3	75,6	78,9

Видно, що наповнювачі суттєво впливають на адгезійні властивості клейових композицій. Клеї, які наповнені металевими порошками, характеризуються вищою адгезійною міцністю, ніж композиція з епокситіранової смоли та отверджувача. Найбільші значення показників адгезійної міцності клейових з'єднань при зсуві та рівномірному відриві має композиція з алюмінієвим наповнювачем.

### Висновки

У результаті проведених експериментальних випробувань отримані значення функціональних властивостей епокситіранових клеїв, що наповнені дрібнодисперсними порошками різних металів, і виконано їх порівняльний аналіз.

Встановлено, що з підвищенням ступеня дисперсності порошкоподібних наповнювачів зростають міцнісні властивості клеїв, тривалість їх отвердження змінюється залежно від виду та природи наповнювачів. Ефективність впливу наповнювачів залежить також від їх сумісності з клеючими речовинами та іншими компонентами складу.

**Перспективами подальших досліджень у даному напрямі є розробка клеїв для ремонту металевих виробів побутового призначення, що сполучатимуть високу швидкість отвердження з підвищеними деформаційно-міцнісними властивостями і роботою руйнування; товарознавча оцінка стійкості розроблених клейових композицій до дії факторів зовнішнього середовища і визначення зміни експлуатаційних властивостей наповнених клеїв у процесі старіння.**

### Список літератури

1. Сильченко О.Є. Ринок клеїв / О.Є. Сильченко, О.С. Попова // Ринок непродовольчих товарів України: реалії та перспективи: монографія. У 3 т. Т. 3 / О.О. Шубін [та ін.]. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2010. – С. 349-372.
2. Лойко Д.П. Перспективы применения быстроотверждаемых эпоксидных клеевых композиций в промышленности / Д.П. Лойко, О.Е. Сильченко // Управление торговлей: теория, практика, инновации: матер. III Междунар. науч.-практ. конф. – М.: РУК, 2010. – С. 127-131.
3. Кочергин Ю.С. Быстроотверждающиеся клеи на основе тиранов / Ю.С. Кочергин, Т.И. Григоренко // Товарознавство і торгівля в умовах глобалізації економіки: проблеми та досвід: матер. III Міжнар. наук.-практ. конф. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2011. – С. 41-42.
4. Кочергин Ю.С. Свойства клеевых композиций на основе тирана / Ю.С. Кочергин, Л.Д. Карат, Т.И. Григоренко // Клеи. Герметики. Технологии. – 2001. – № 12. – С. 2-8.
5. Фокин А.В. Реакционная способность эпитисоединений / А.В. Фокин, А.Ф. Коломиец // Успехи химии. – 1976. – № 1. – С. 71-105.
6. Фокин А.В. Химия тиранов / А.В. Фокин, А.Ф. Коломиец. – М.: Наука, 1978. – 343 с.
7. Фокин А.В. Новое в химии тиранов / А.В. Фокин, М.А. Аллахвердиев, А.Ф. Коломиец // Успехи химии. – 1990. – № 5. – С. 705-737.
8. Сильченко О.Е. Тиоглицидиловые эфиры для быстроотверждаемых эпоксидных композиций / О.Е. Сильченко [и др.] // Композиционные материалы в

- промышленности: материалы Тридцатой юбилейной междунар. конф. – К.: Наука. Техника. Технология, 2010. – С. 153-155.
9. Silchenko O.E. Fast-setting epoxy compositions on the base of thioglycidyl ethers / O.E. Silchenko [etc.] // Polymers of Special Applications: Abstracts of VI Ukrainian-Polish scientific conference. – Dnipropetrovsk, 2010. – P. 88.
10. Сильченко О.Є. Деформаційно-міцнісні властивості епокситіранових клеювих композицій // О.Є. Сильченко // Товарознавство і торгівля в умовах глобалізації економіки: проблеми та досвід: матер. Міжнар. наук.-практ. конф. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2011. – С. 78-80.
11. Вильнав Ж.-Ж. Клеевые соединения / Ж.-Ж. Вильнав. – М.: Техносфера, 2007. – 384 с.
12. Кербер М.Л. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учеб. пособие / М.Л. Кербер [и др.]; под ред. А.А. Берлина. – СПб.: Профессия, 2008. – 560 с.
13. Малкин А.Я. Методы измерения механических свойств полимеров / А.Я. Малкин, А.А. Аскадский, В.В. Коврига. – М.: Химия, 1978. – 336 с.

#### УДК 687.129-021.4

Супрун Н.П., д-р техн. наук, проф. (КНУТД, Київ),

Осипенко Н.І., д-р техн. наук, проф. (ДонНУЕТ, Донецьк),

Островецька Ю.І. (КНУТД, Київ)

### АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД АСОРТИМЕНТУ ТА КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ТРИКОТАЖНИХ ПОЛОТЕН

*У статті надано аналітичний огляд асортименту сучасних трикотажних полотен, які використовуються для виготовлення жіночої білизни, та наведено результати комплексної оцінки їхньої якості.*

**Ключові слова:** трикотажні полотна, жіноча білизна, номенклатура показників якості, комплексна оцінка.

**Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.** Останнім часом гостро постає питання якості одягу з текстилю, передусім його безпечності та екологічності. Особливо це стосується білизни, до якої висувається більш жорсткі вимоги, ніж до виробів інших асортиментних груп, тому що вона безпосередньо контактує з тілом людини.

Проте дуже часто білизняні вироби навіть із натуральних волокон можуть виявитися небезпечними для здоров'я людини, що пов'язано з обробкою текстильної сировини й готових виробів численними хімічними речовинами – вибілювачами, барвниками, апретами й іншими текстильно-допоміжними речовинами.

Результати перевірок, здійснених фахівцями держнагляду Держспоживстандарту України, засвідчують, що 30-35 % досліджених трикотажних виробів не відповідають вимогам чинної нормативної документації.