

4. Минкин В.С. Промышленные полисульфидные олигомеры / В.С. Минкин. – Казань: Новое знание, 2004. – 175 с.
5. Зайцев Ю.С. Эпоксидные олигомеры и клеевые композиции / Ю.С. Зайцев [и др.]. – К.: Наук. думка, 1990. – 200 с.
6. Мэнсон Дж. Полимерные смеси и композиты / Дж. Мэнсон, Л. Сперлинг; под. ред. Ю.К. Годовского; пер. с англ. – М.: Химия, 1979. – 440 с.
7. Кочергин Ю.С. Эпоксидные клеи со специальным комплексом свойств / Ю.С. Кочергин [и др.]. // Вопросы химии и химической технологии. – 2007. – № 5. – С. 92-98.
8. Кочергин Ю.С. Клеи на основе модифицированных каучуками эпоксидных смол / Ю.С. Кочергин, Т.А. Кулик, Т.И. Григоренко // Пластические массы. – 2005. – № 12. – С. 5-9.
9. Кочергин Ю.С. Исследование ползучести линейных и сетчатых полимеров на основе полиарилатов и эпоксидных полимеров / Ю.С. Кочергин [и др.] // Высокмолекулярные соединения. Сер. А. – 1978. – Т. 20, № 4. – С. 880-887.
10. Ривкин В.Н. Испытания клеевых соединений на ударный сдвиг / В.Н. Ривкин [и др.] // Пластические массы. – 1984. – № 5. – С. 78-80.
11. Михальчук В.М. Линейный регрессивный анализ результатов химического эксперимента в системе STATISTIKA: учеб.-метод. пособие / В.М. Михальчук, А.В. Михальчук. – Донецк: ДонНУ, 2002. – 66 с.
12. Кардашов Д.А. Синтетические клеи / Д.А. Кардашов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1976. – 504 с.
13. Кардашов Д.А. Полимерные клеи. Создание и применение / Д.А. Кардашов, А.П. Петрова. – М.: Химия, 1983. – 256 с.
14. Справочник по клеям / Сост. Л.Х. Айрапетян [и др.]. – Л.: Химия, 1980. – 304 с.
15. Пат. 57102 Україна МПК С08L 63/00, С08K/053. Спосіб одержання епоксидного клею холодного твердження / Ю.С. Кочергін, Т.І. Григоренко, М.О. Григоренко, Д.П. Лойко; Український науково-дослідний інститут пластичних мас. – Nu 201009016; заявл. 19.07.10; опубл. 10.02.11, Бюл. № 3.

**УДК 678.686.01**

**Золотарьова В.В.,**

**Кочергін Ю.С., д-р техн. наук, проф.,**

**Лойко Д.П., канд. техн. наук, проф. (ДонНУЕТ, Донецьк)**

### **РЕГУЛЮВАННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ЕПОКСИПОЛІМЕРУ ЗА ДОПОМОГОЮ РІДКИХ РЕАКЦІЙНОЗДАТНИХ КАУЧУКІВ**

*У статті виявлено досить складний характер впливу рідких реакційноздатних каучуків – тіоколу та карбоксилатних сополімерів олігобутадієну з акрилонітрилом – на зносостійкість і фізико-механічні властивості епоксидних полімерів. Встановлено, що ефект залежить від хімічної природи та вмісту каучуків, а також режиму затвердіння епоксидних композицій. Показано, що в разі збільшення вмісту тіоколу спостерігається практично лінійне зни-*

ження зносостійкості епоксидного полімеру. У той же час за умови введення олігобутадієнових каучуків вдається підвищити зносостійкість більше ніж у два рази порівняно з базовим епоксидним полімером.

**Ключові слова:** епоксидна смола, отверджувач, модифікація, рідкий тіокол, карбоксилатний олігобутадієновий каучук, зносостійкість, фізико-механічні властивості, термодинамічна сумісність.

**Постанова проблеми та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.** Епоксидні композиційні матеріали давно і з успіхом застосовуються для отримання захисних, у тому числі зносостійких, покриттів [1-3]. Зазвичай епоксидні композиційні матеріали є багатокомпонентними системами, що містять крім епоксидної смоли й отверджувача пластифікатори, активні розріджувачі, флексибілізатори, дисперсні наповнювачі та інші функціональні добавки. Усі ці компоненти, природно, певним чином впливають на технологічні та фізико-механічні властивості епоксидних полімерів (ЕП).

Затверділі епоксидні смоли характеризуються порівняно невисокими ударостійкістю та тріщиностійкістю, що значною мірою обмежує їх застосування в умовах впливу ударних і вібраційних навантажень і термоциклювання. Одним із найбільш ефективних шляхів усунення зазначених недоліків є модифікація ЕП низькомолекулярними каучуками з кінцевими реакційноздатними групами [4; 5]. Хоча механізм зміцнення епоксидів каучуками досі повною мірою не визначено, ефект широко використовується для підвищення статичної та динамічної адгезійної міцності, ударо- й вібростійкості епоксидних матеріалів [5-7]. Вплив реакційноздатних рідких каучуків на зносостійкість ЕП практично не вивчено (виняток становлять лише епоксиди, що містять тіокол [8]). У зв'язку з цим нами було зроблено спробу заповнити цю прогалину.

**Метою статті** є вивчення впливу модифікуючих добавок рідких реакційноздатних каучуків на зносостійкість і деформаційно-міцнісні характеристики епоксидних полімерів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Об'єктом дослідження було обрано промислово діанову смолу ЕД-20 (масова частка епоксидних груп 21,7 %, молекулярна маса 400).

Як каучуки були використані бутадієнові олігомери з кінцевими карбоксильними групами СКД-КТРА і СКН-30КТР (далі СКД і СКН-30) і тіокол з кінцевими сульфгідрильними групами. Основні властивості каучуків наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Основні властивості каучуків

Марка каучуку	Молекулярна маса	Вміст акрилонітрилу, %	Кількість карбоксильних груп, %	Кількість сульфгідрильних груп, %	Параметр розчинності, (МДж / м <sup>3</sup> ) <sup>0,5</sup>
Тіокол	2000	0	0	3,1	19,1
СКД-КТРА	2800	0	2,90	0	15,7
СКН-30КТР	3200	27,3	2,97	0	17,8

Для посилення ефекту модифікування поєднання каучуків з епоксидною смолою проводили при підвищеній температурі (160 °С) протягом 2-х годин. У цих умовах, як було показано раніше [9; 10], відбувається хімічне зв'язування молекул каучуку та смоли за рахунок реакції естерифікації карбоксильних груп з епоксигрупами [9] або реакції тіоестерифікації сульфгідрильних і епоксидних груп [10]. Таким чином, об'єктами дослідження були не механічні суміші індивідуальних компонентів, а продукти реакції їх взаємодії, які становлять собою блок-олігомери, що містять одну молекулу каучуку та дві молекули епоксидної смоли.

Як отверджувача епоксидної смоли було обрано діетилентриамін (ДЕТА).

Отвердження композицій здійснювали за двома режимами:

– холодне затвердіння: (20±2) °С / 240 год (режим І);

– затвердіння з термообробкою: (20+2) °С / 24 год + 120 °С / 3 год (режим ІІ).

У роботі використовували такі методи досліджень.

Показник стирання ( $J$ ) визначали за ГОСТ 11012-69 «Пластмассы. Методы испытания на абразивный износ» на машині типу АРГІ (Німеччина). Суть методу полягає у визначенні зменшення об'єму зразка в кубічних міліметрах у результаті стирання (зносу) на 1 м шляху стирання шліфувальною шкуркою. Навантаження на зразок становило 1 кг, довжина шляху стирання зразка – 10 м (25 оборотів циліндра машини). Руйнівне напруження ( $\sigma_p$ ) і деформацію при розриві ( $\varepsilon_p$ ) вимірювали на динамометрі типу Полянні [11] за умови швидкості розтягання  $3,8 \cdot 10^{-5}$  м/с. Мірою роботи руйнування  $A_p$  була площа під цією кривою. Об'єкти дослідження являли собою плівки товщиною 100-150 мкм.

Динамічний модуль пружності ( $E'$ ) і тангенс кута механічних втрат ( $\text{tg}\delta$ ) вимірювали на установці DMA 983 термоаналітичного комплексу DuPont 9900.

Густина зразків ( $\rho_t$ , г/см<sup>3</sup>) вимірювали методом градієнтної колонки за ГОСТ 15139-69 «Пластмассы. Методы определения плотности (объемной массы)».

Параметр термодинамічної взаємодії  $\chi_{23}^*$  між компонентами сумішею визначали методом зверненої газової хроматографії (ЗГХ) [12], використовуючи рівняння:

$$\chi_{23}^* = \frac{V_1}{V_2} \chi_{23} = \left[ \frac{\ell_n V_{gcm} - \sum \varphi_1 \ell_n V_{gi} + \sum \varphi_i \ell_n V - \ell_u (w_2 v_2 + w_3 v_3)}{\varphi_2 \varphi_3} \right], \quad (1)$$

де  $w_2, w_3, v_2, v_3$  – вагові частки та питомий об'єм компонентів суміші;

$\varphi_2$  і  $\varphi_3$  – частки компонентів суміші;

$V_1$  і  $V_2$  – їх молекулярний об'єм;

$V_{gcm}$  і  $V_{gi}$  – питомий об'єм суміші та  $i$ -го компонента.

Критичне значення параметра  $\chi_{23}^*$  розраховували за формулою [13]:

$$\left(\chi_{23}^*\right)_{кр} = \frac{1}{2} \left[ \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{1/2} + \left(\frac{V_1}{V_3}\right)^{1/2} \right]^2, \quad (2)$$

де  $V_1, V_2, V_3$  – молярний об'єм сорбату та компонентів суміші. Сорбатом був бензол.

Параметр розчинності Гільденбранда розраховували за формулою [14]:

$$\delta^2 = \frac{\sum \Delta E_i^*}{N_A \sum \Delta V_i}, \quad (3)$$

де  $\Delta E_i^*$  – внесок кожного атома й типу міжмолекулярної взаємодії у величину ефективної молярної енергії когезії;

$N_A$  – число Авогадро;

$\Delta V_i$  – власний (вандерваальсовий) об'єм ланки полімеру. Він складається з інкрементів ван-дер-ваальсових обсягів окремих атомів, що входять до цієї ланки.

Як випливає з залежностей, наведених на рисунках 1-4, рідкі каучуки роблять значний вплив на знос і деформаційно-міцнісні властивості ЕП. При цьому для тіоколу показник  $J$  швидко зростає зі збільшенням концентрації модифікатора, а для карбоксилатних олігобутадієнових олігомерів після утворення невеликих максимумів (за наявності концентрації каучуків 67 мас. ч. на 100 мас. ч. епоксидної смоли) спостерігається монотонне зменшення параметра  $J$ . У результаті якщо вміст цих каучуків є великим, то величина зносу знижується більше, ніж у два рази порівняно з вихідним ЕП.

Порівнюючи концентраційні залежності зносу та деформаційно-міцнісні характеристики, бачимо, що наявна певна кореляція між залежностями  $J-C$  і  $\sigma_p-C$ , отриманими для олігобутадієнових каучуків. Це відображено на рисунках 2 і 3. У той же час для тіоколу такої кореляції немає.

Згідно з рисунками 3-5, для параметрів  $\varepsilon_p$  і  $A_p$  кореляції з концентраційною залежністю  $J$ , а також оберненою величиною  $1/J$  не спостерігається для жодного з використаних каучуків.

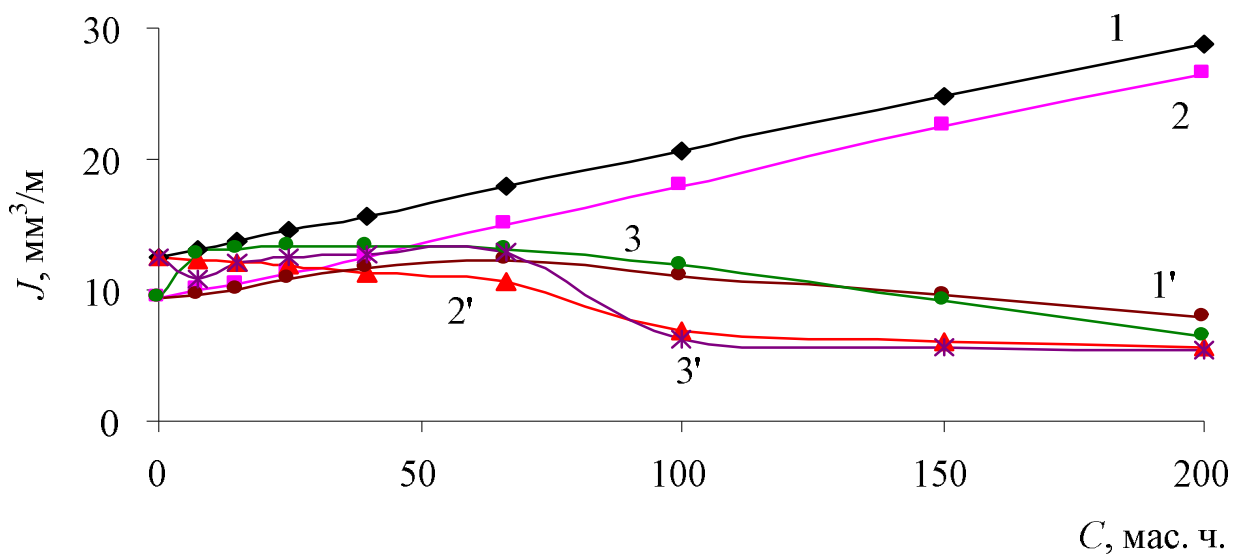


Рисунок 1 – Залежність зносу ЕП від вмісту каучуків: тіоколу (1, 1'), СКД (2, 2') і СКН-30 (3, 3'). Режим отвердження I (1, 3) і II (1', 3')

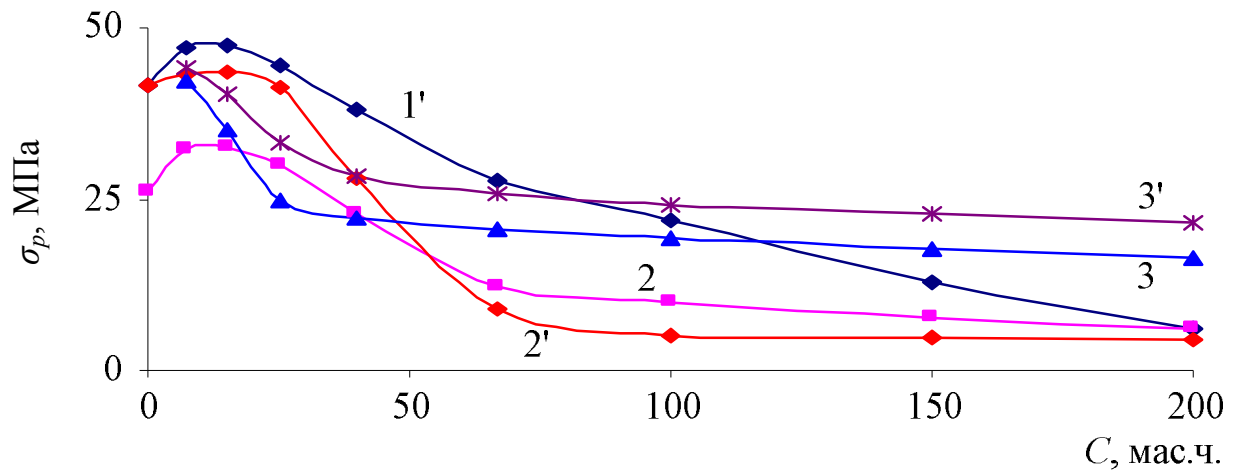


Рисунок 2 – Залежність міцності при розтягуванні від вмісту в ЕП каучуків: тіоколу (1'), СКД (2, 2') і СКН-30 (3, 3'). Режим отвердження I (2, 3) і II (1'-3')

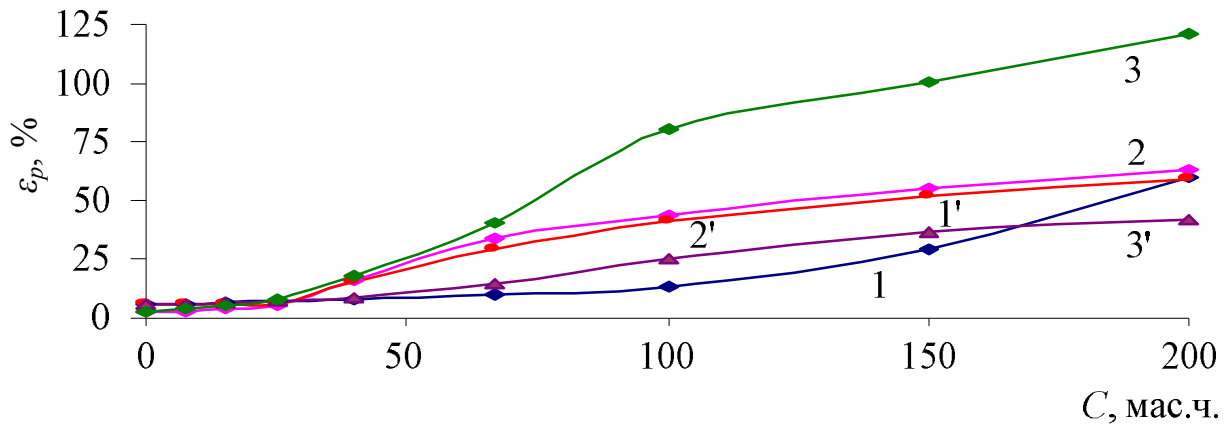


Рисунок 3 – Залежність деформації при розриві від вмісту в ЕП каучуків: тіоколу (1'), СКД (2, 2') і СКН-30 (3, 3'). Режим отвердження I (2, 3) і II (1'-3')

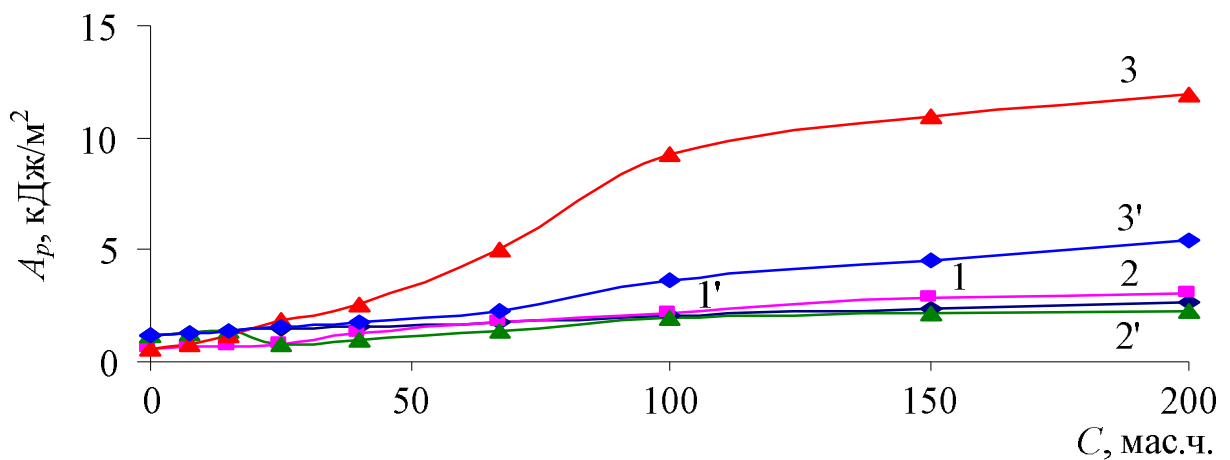


Рисунок 4 – Залежність роботи руйнування від вмісту в ЕП тіоколу (1'), СКД (2, 2') і СКН-30 (3, 3'). Режим отвердження I (2, 3) і II (1'-3')

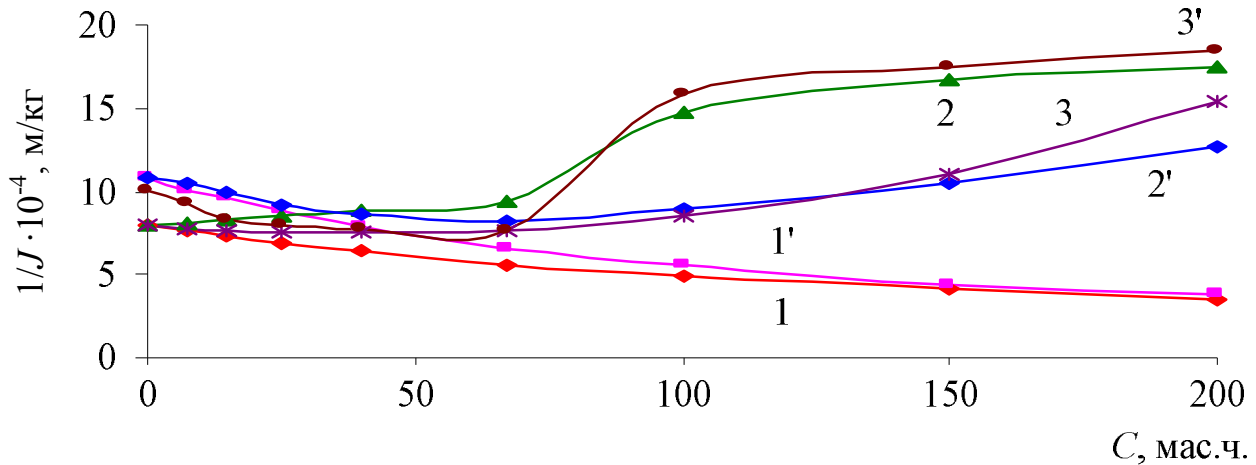


Рисунок 5 – Залежність зносостійкості від концентрації в ЕП тіоколу (1, 1'), каучуків СКД-КТРА (2, 2') і СКН-30 (3, 3'). Зразки отвердження I (1-3) і II (1'-3')

Відзначимо, що відповідно до рисунка 2, експериментальні значення  $J$  для епоксидно-каучукових композицій досить добре корелюють з розрахунковими величинами. Розрахунок робили за формулою [15]:  $J \approx \mu E / \sigma_p$ , де  $\mu$  – коефіцієнт тертя;  $E$  – модуль пружності;  $\sigma_p$  – міцність при розтягуванні. При цьому для епоксидної компоненти при розрахунку брали величину  $\mu$ , яка складала 0,33, а для каучукової складової  $\mu = 1,0$ . Для сумішевих епоксидно-каучукових систем  $\mu$  розраховували за правилом адитивності.

Відповідність розрахункових і експериментальних значень спостерігається для олігобутадієнових каучуків. Для тіоколу також проявляється відповідність, проте тільки в області відносно невеликого (до 100 мас. ч.) вмісту модифікатора. За наявності великої концентрації характер зміни  $J_{розр}$  та  $J_{експ}$  протилежним: експериментальна залежність лінійно зростає, а для розрахункових значень, навпаки, спостерігається зниження зносу.

Перейдемо до більш детального обговорення результатів експерименту. Згідно з рисунком 5, зносостійкість епоксидно-каучукових композиційних матеріалів залежить від концентрації каучуку, його хімічної природи та режиму отвердіння. У разі додавання тіоколу зносостійкість монотонно знижується зі збільшенням вмісту модифікатора, причому більш швидко для термооброблених зразків. Ефект може бути пов'язаний з невисокою зносостійкістю самого полісульфідного олігомера. Тому збільшення концентрації більш схильного до зношування компонента обумовлює монотонне зниження зносостійкості сумішевих композицій. Відзначимо також, що зразки на основі епоксидно-тіоколових сумішей являють собою (на відміну від композицій, що містять олігобутадієнові каучуки) прозорі системи, що свідчить про гарну сумісність компонентів. Це ж підтверджують дані розрахункових значень параметрів розчинності тіоколу й епоксидної смоли – відповідно 19,1 і 20,6 (МДж/м<sup>3</sup>)<sup>0,5</sup>. Значущість цих величин свідчить про їх гарну термодинамічну сумісність.

У той же час у разі використання олігобутадеєнових каучуків СКД, як показано на рисунку 5, для зразків, отверджених без підігрівання, зносостійкість

зростає в міру збільшення вмісту модифікатора, причому особливо швидко в інтервалі  $67 \leq C \leq 100$  мас. ч. Для зразків, підданих термообробці, характер концентраційної залежності зносостійкості зазнає істотної зміни. Спочатку за умови збільшення концентрації каучуку стійкість до зношування монотонно убуває, досягаючи мінімуму при  $C \sim 67$  мас. ч., а потім, навпаки, монотонно зростає зі збільшенням вмісту модифікатора СКД. При цьому якщо вміст каучуку (до  $\sim 40$  мас. ч.) є невеликим, то зносостійкість термооброблених зразків вище, ніж зразків, отверджених без підігрівання, за рахунок значно більшої величини  $1/J$  для базового зразка на основі немодифікованої епоксидної смоли.

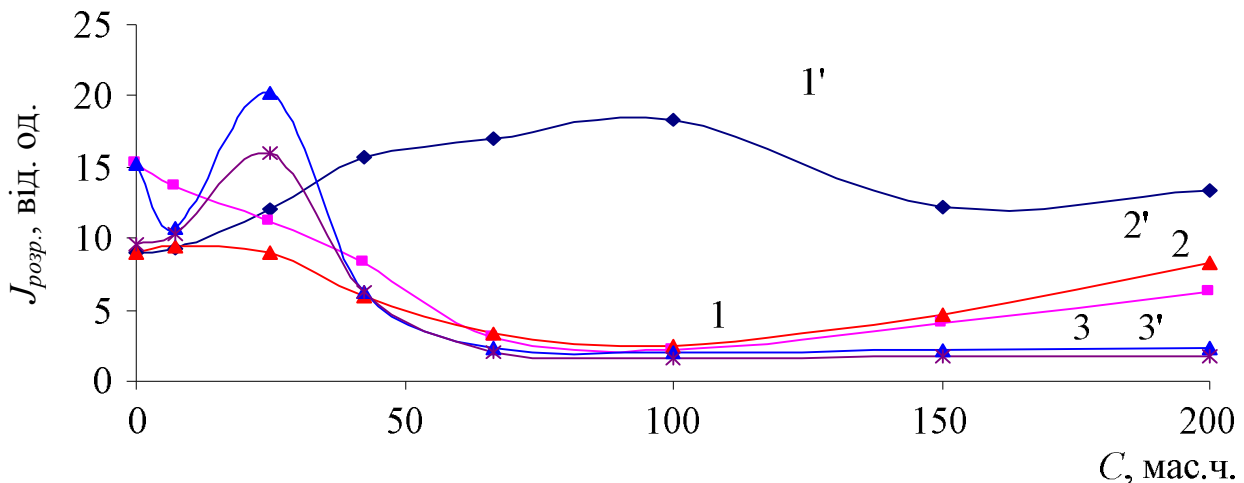


Рисунок 6 – Залежність розрахункових значень  $J$  від вмісту в ЕП каучуків: тіоколу (1'), СКД (2, 2') і СКН-30 (3, 3'). Зразки отверджені за режимами I (2, 3) і II (1'-3')

Для систем, модифікованих СКН-30 і отверджених без підігрівання, спостерігається приблизно така ж залежність як для зразків, що містять каучук СКД, але отверджених шляхом термообробки, а саме якщо вміст каучуку становить до  $\sim 50$  мас. ч., то має місце невелике зниження зносостійкості, а в разі збільшення концентрації СКН-30 відбувається досить швидко зростання величини  $1/J$  майже в 2 рази. Для термооброблених зразків концентраційна залежність зносостійкості більш складна. Якщо вміст СКН-30 (до  $\sim 15$  мас. ч.) є малим, то відбувається помітне зниження зносостійкості, потім у діапазоні  $15 \leq C \leq 67$  мас. ч. величина  $1/J$  зменшується зі значно меншою швидкістю, а далі починає збільшуватися, причому найбільш швидко зростання зносостійкості спостерігається при  $67 \leq C \leq 100$  мас. ч. Причиною такої значної залежності зносостійкості від концентрації каучуків СКД і СКН-30 і режиму затвердіння зразків може бути різний ступінь сумісності компонентів суміші та фазового розділення в процесі затвердіння епоксидно-каучукових сумішей. Очевидно, що на ці процеси має робити певний вплив сумісність каучуків як з епоксидною смолою, так і з отверджувачем. Мабуть, є оптимальний ступінь фазового розділення, що забезпечує найкраще поєднання показників зносостійкості й основних фізико-механічних властивостей і це знаходить своє відображення як у розмірах часток каучукової

фази, так і в ступеню взаємодії між фазами, тобто адгезії між каучуковим компонентом і епоксидною матрицею.

Для того щоб визначити області термодинамічної сумісності, методом ЗГХ були отримані концентраційні залежності параметра термодинамічної взаємодії Флорі-Хаггінса в широкому інтервалі співвідношень компонентів бінарних сумішей «смола-каучук» і «отверджувач ДЕТА-каучук».

Встановлено, що в дуже широкому інтервалі концентрацій каучуку СКД (20-90 мас. ч. на 100 мас. ч. епоксидної смоли ЕД-20) компоненти (смола та каучук) є термодинамічно несумісними, про що свідчать значення  $\chi_{23}^* > (\chi_{23}^*)_{кр}$ . Через це за умови затвердіння сумішей епоксидної смоли з цим каучуком при кімнатній температурі реалізується високий ступінь фазового розділення та відбувається часткове розшарування композиції через ще більшу несумісність в отвердженій системі каучуку СКД з отверджувачем ДЕТА. При цьому область термодинамічної несумісності каучуку й отверджувача ще ширше (від  $\sim 1$  до 140 мас. ч. отверджувача на 100 мас. ч. каучуку). У світлі цього можна пояснити досить значне збільшення зносостійкості, якщо концентрація каучуку є вищою 67 мас. ч. Згідно з отриманими даними, цьому діапазону відповідає не максимальна несумісність каучуку зі смолою, а навпаки, область, близька до значень  $(\chi_{23}^*)_{кр}$ .

Разом з тим якщо врахувати рецептуру такої епоксидно-каучукової композиції (наприклад, 100 мас. ч. смоли і 100 мас. ч. каучуку), то вона містить 12 мас. ч. отверджувача ДЕТА. Цьому співвідношенню отверджувача та каучуку відповідає область їх максимальної несумісності. Це дозволяє припустити, що отверджувач буде витіснити каучук із матриці епоксидного полімеру. Унаслідок цього зовнішня поверхня епоксидного полімеру збагачуватиметься каучуковою компонентою, що забезпечує підвищення зносостійкості матеріалу. Прогрівання зразків призводить лише до ще більшого розшарування композиції та зменшення міжфазної взаємодії, що обумовлює зниження деформаційно-міцнісних характеристик і зносостійкості.

Для систем, що містять каучук СКН-30, через невисоку термодинамічну несумісність бінарних сумішей «смола-каучук» за умови вмісту каучуку при  $9 \leq C \leq 37$  мас. ч. і гарну сумісність за наявності інших концентрацій фазовий поділ у разі отвердження за режимом I реалізується не повною мірою. Не настільки сильно цьому (фазовому розділенню) сприяє і отверджувач. Можна припустити, що в результаті отвердження композицій формуються ділянки, де немає розділення фаз, що і призводить до зниження зносостійкості матеріалу. Тільки за умови великого вмісту каучуку ( $C > 67$  мас. ч.), коли роль цього компонента стає визначальною, починає позначатися позитивний вплив каучуку СКН-30. Прогрівання композицій, який сприяє розділенню фаз, забезпечує суттєве підвищення зносостійкості. Цей факт (поліпшення фазового розділення) було також підтверджено результатами досліджень методом динамічної механічної спектроскопії.

### Висновки

Таким чином, у результаті проведених досліджень виявлено досить складний характер впливу рідких реакційноздатних каучуків на зносостійкість і де-



формаційно-міцнісні властивості епоксидних полімерів. Ефект залежить від хімічної природи і вмісту каучуку, режиму отвердження композиції. Показано, що для тіоколу спостерігається практично лінійне зниження зносостійкості зі збільшенням його концентрації в епоксидній матриці. У той же час для олігобу-тадієнових каучуків за умови великого вмісту має місце істотне підвищення зносостійкості до значень приблизно в два рази більших, ніж у базового епоксиполімеру. Припущено, що такий вплив каучуків обумовлений як ступенем їх сумісності з епоксидною смолою на стадії суміщення, так і (причому більшою мірою) ступенем фазового розділення епоксидного та каучукового компонентів у процесі отвердження композиції.

Виявлена кореляція між експериментальними і розрахунковими значеннями зносостійкості, а також концентраційними кривими стирання і когезійною міцністю при розтягуванні.

**Перспективами подальших досліджень у даному напрямі є продовження робіт у двох напрямках:**

- вивчення впливу інших компонентів епоксидних композиційних матеріалів, які широко застосовуються для регулювання їх споживчих властивостей, а саме дисперсних наповнювачів (у тому числі й нанопорошків), активних розріджувачів і пластифікаторів;
- практичне застосування отриманих результатів дослідження для захисту від спрацювання машин і механізмів під час їх експлуатації.

### Список літератури

1. Сысоев П.В. Износостойкие композиты на основе реактопластов / П.В. Сысоев [и др.]; под ред. В.А. Белого. – Минск: Наука и техника, 1987. – 192 с.
2. Хахалина Н.Ф. Композиционные полимерные материалы для направляющих металлорежущих станков / Н.Ф. Хахалина, Л.А. Русанова, А.С. Лапидус // Пластические массы. – 1984. – № 6. – С. 20-22.
3. Крыжановский В.К. Износостойкие реактопласты / В.К. Крыжановский. – Л.: Химия, 1984. – 120 с.
4. Мэнсон Дж. Полимерные смеси и композиты / Дж. Мэнсон, Л. Сперлинг; пер. с англ. под ред. Ю.К. Годовского. – М.: Химия, 1979. – 440 с.
5. Зайцев Ю.С. Эпоксидные олигомеры и клеевые композиции / Ю.С. Зайцев [и др.] – К.: Наук. думка, 1990. – 200 с.
6. Кочергин Ю.С. Клеевые композиции на основе модифицированных эпоксидных смол / Ю.С. Кочергин, Т.А. Кулик, Т.И. Григоренко // Пластические массы. – 2005. – № 10. – С. 9-16.
7. Kochergin Y.S. Special – Purpose Epoxy Adhesives / Y.S. Kochergin, T.A. Kulik, T.I. Grigorenko // Polymer Sci. Ser. C. – 2007. – Vol. 49, № 1. – P. 17-21.
8. Крыжановский В.К. Влияние топологической структуры и физического состояния индивидуальных эпоксиполимеров на их трибологические особенности / В.К. Крыжановский, О.В. Конова // Трение и износ. – 1993. – Т. 14, № 2. – С. 322-327.
9. Кулик Т.А. Влияние жидких каучуков на физико-механические свойства эпоксидных полимеров / Т.А. Кулик [и др.] // Пластические массы. – 1985. – № 4. – С. 25-27.

10. Kochergin Y.S. The Influence of Preliminary Thioetherification Reaction on Properties of Epoxy Adhesive Modified by Liquid Thiokol // Y.S. Kochergin [etc.] // Polymer Sci. Ser D. – 2012. – Vol. 5, № 2. – P. 67-72.
11. Малкин А.Я. Методы измерения механических свойств полимеров / А.Я. Малкин, А.А. Аскадский, В.В. Коврига. – М.: Химия, 1978. – 336 с.
12. Нестеров А.Я. Обращенная газовая хроматография в термодинамике полимеров / А.Я. Нестеров. – К.: Наук. думка, 1976. – 127 с.
13. Flory P.J. Principles of Polymer Chemistry / P.J. Flory. – N.J. Cornell Univ. Press., Ithaca, 1953. – 512 p.
14. Аскадский А.А. Химическое строение и физические свойства полимеров / А.А. Аскадский, Ю.И. Матвеев. – М.: Химия, 1983. – 248 с.
15. Ван Кревелен Д.В. Свойства и химическое строение полимеров. / Д.В. ван Кревелин; пер. с англ. под ред. А.Я. Малкина. – М.: Химия, 1976. – 416 с.

УДК 677.016.1/6

Кобищан А.Д. (ВНЗУ ПУЕТ, Полтава)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВІТРОПРОНИКНОСТІ ЛЛЯНИХ ТКАНИН

*У статті наведено результати дослідження впливу основних видів обробок лляних тканин (вибілювання й пом'якшення), залежно від способу виконання (традиційне й удосконалене), на їхню повітропроникність.*

**Ключові слова:** лляні тканини, повітропроникність, білення, пом'якшення.

**Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.** Вивчати властивості матеріалів, що забезпечують комфортність одягу, почали лише наприкінці ХІХ століття. Перші експериментальні методи впроваджено в практику досліджень в Росії А.П. Доброславіним – засновником кафедри гігієни Санкт-Петербурзької військово-медичної академії, а за кордоном – Рубнером, Бартоном, Едхолмом [1].

Актуальність вивчення цих властивостей не втрачається, а зростає і сьогодні. Це зумовлено розвитком текстильних технологій; появою нових видів волокон, ниток та полотен з них; вдосконаленням спеціальних видів обробок тканин; розширенням асортименту текстильних матеріалів та зміною умов їхньої експлуатації.

Однією з найважливіших властивостей текстильних матеріалів, що забезпечують їхню комфортність, є повітропроникність. Особливе значення повітропроникність має для текстильних полотен, з яких виготовляють літній одяг, зокрема – для лляних тканин. Висока повітропроникність забезпечує створення повітряного прошарку під одягом і забезпечує необхідну вентиляцію, що в цілому зумовлює підвищення гігієнічних властивостей та комфортності одягу.

**Метою статті** є дослідження зміни повітропроникності лляних тканин залежно від виду їхньої обробки.