

нейтральним рН агрегативна стійкість починає змінюватися вже через 3 години.

### Висновки

В роботі встановлено, що добавки лужних агентів до водних дисперсій акрилових кополімерів забезпечують іонізовану форму полімеру, за рахунок якої плівкоутворення здійснюється через стадію проміжного гелю, що легко руйнується і тому розроблені апрети на основі нових марок акрилових кополімерів характеризуються низьким ступенем налипання на обладнання і не утворюють проблем з промивкою. Крім того, з'ясовано, що іонізація карбоксильних груп полімеру збільшує агрегативну стійкість полімерної композиції для апретування і забезпечує хімічну стійкість ПТРС на період зберігання. Розроблена композиція для апретування бавовняних тканин надає текстильному субстрату малоусадкового ефекту та стійкості до мокрих обробок і може бути використана в процесах завершальної обробки тканин.

### Література

1. Глубіш П.А. Хімічна технологія текстильних матеріалів (Завершальне оброблення): Навчальний посібник. – К.: Арістей, 2006. – 304 с.
2. Лебедев А.В. Коллоидная химия синтетических латексов. – Л.: Химия, 1989. – 100 с.
3. Верхоланцев В.В. Физико-химия пленкообразующих систем. – Л.: Изд-во ЛТИ и Ленсовета, 1973. – 185 с.
4. Мищенко А.В. Физико-химическое обоснование и разработка композиции на основе водной дисперсии полиуретановых иономеров для печатания пигментами: Дис. ... док. техн. наук: 05.19.03. – Херсон, 1994. – 386 с.
5. Лисюк В.М., Попович Т.А., Міщенко Г.В. Дослідження властивостей полімерних плівок з дисперсій реакційноздатних акрилових кополімерів вітчизняного виробництва // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2008. – № 6/2 (36). – С. 16-22.
6. Лисюк В.М., Попович Т.А. Підвищення виходу полімерів на тканині в процесі апретування // Сучасні технології хімічних та харчових виробництв: Матеріали I Всеукраїнської конференції студентів та аспірантів (26 -29 травня 2008 р.). – Дніпропетровськ: Дніпропетровський національний університет, 2008. – С. 140.
7. Лисюк В.М., Попович Т.А., Міщенко Г.В. Підвищення стійкості апретів на основі акрилових кополімерів добавками координаційних сполук d-металів з лігандами органічної природи // Вісник Хмельницького національного ун-ту. – 2009. – № 1. – С.144-147.
8. Киселев А.М. Теоретическое обоснование и разработка технологии получения и применения высокодисперсных пен в процессе печатания текстильных материалов: Дис. ... док. техн. наук: 05.19.03. – Санкт-Петербург, 1992. – 445 с.
9. Хавкина Б.Л., Овчинникова С.А. Модификация карбоксилсодержащих латексов предконденсатами терморезактивных смол в щелочной среде при получении нетканых материалов // Технология текстильной промышленности. – 1989. – № 6 (192). – С.34-35.

Надійшла 18.9.2009 р.

УДК 504.064.43

О.В. СТУДЕНЕЦЬ, І.А. МАНДЗЮК, О.Г. МУЧАК, Г.Б. ПАРАСКА  
Хмельницький національний університет

## РОЗРОБКА СКЛАДІВ ПОЛІУРЕТАНОВИХ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ РЕЦИКЛАТІВ ПЕТФ

*Досліджено основні особливості процесу гліцеролізу відходів ПЕТФ. Виявлено вплив технологічних факторів на ефективність процесу. Проведено дослідження з синтезу поліуретанів на основі рециклатів відходів ПЕТФ та визначення їх властивостей.*

*Explored basic features of process of glitserolizu wastes of PETF. Found out influence of technological factors on efficiency of process. Research is conducted from the synthesis of poliuretaniiv on the basis of retsiklativ wastes of PETF and determination of their properties.*

Ключові слова: поліуретанові захисні покриття, розробка складу.

З кожним роком у світі спостерігається тенденція до збільшення використання полімерів у різних галузях промисловості. Найбільшими темпами зростання споживання полімерних матеріалів характеризується пакувальний сектор – понад 4 % приросту щорічно [1].

Для виготовлення полімерної тари все ширшого застосування набуває поліетилентерефталат (ПЕТФ) [2]. Завдяки високим естетичним, бар'єрним, механічним властивостям ПЕТФ-тару почали широко використовувати для пакування товарів парфюмерно-косметичного призначення, ліків, харчових продуктів, рослинної олії, столового оцту. Значна кількість цього матеріалу використовується для

виготовлення пляшок для прохолоджувальних та слабоалкогольних напоїв. Світове виробництво ПЕТФ вже перевищило 10 млн тонн в рік [3]. Враховуючи щорічний приріст виробництва і використання пластиків, гостро постає питання утворення та накопичення їх після використання.

Особливість цієї проблеми визначається тим, що відходи із полімерної упаковки стійкі до дії факторів зовнішнього середовища – світла, тепла, мікроорганізмів, атмосферних газів, води і тому час їх деградації в умовах оточуючого середовища – понад 50 років [2].

Накопичення відходів пластиків відбувається у більшості випадків на сміттєвих полігонах, але найчастіше на стихійних смітниках, в лісонасадженнях, водоймах, населених пунктах. Традиційні способи утилізації таких відходів (спалювання або захоронення), з екологічної точки зору не є ефективними внаслідок попадання в атмосферу, у воду і ґрунт токсичних речовин – стійких органічних забруднювачів (СОЗ). З точки зору сьогодення відходи слід розглядати як цінний вид сировинних ресурсів.

Вторинні матеріали можуть використовуватись для виробництва продукції, експлуатаційні властивості якої є невисокими у порівнянні із виробами виробленими з використанням первинної сировини [4].

Узагальнивши світовий досвід щодо рециклінгу полімерних відходів, зокрема пляшок із ПЕТФ, можна зробити висновок про те, що основні способи переробки ПЕТФ класифікують на чотири групи: матеріальний рециклінг – повторне використання ПЕТФ як вторинної сировини; енергетичний рециклінг – з метою відновлення енергії; сировинний рециклінг – руйнування відходів ПЕТФ до вихідних матеріалів; хімічний рециклінг – дія на полімерні відходи хімічними агентами з метою отримання напівпродуктів, які далі використовують в якості хімічної сировини.

Матеріальний рециклінг поєднує механічні способи переробки відходів ПЕТФ, які відбуваються без зміни довжини ланцюга макромолекули. Основним механічним способом переробки відходів ПЕТФ є подрібнення [5, 6], якому піддаються некондиційна стрічка, відходи ПЕТФ-тари, частково витягнуті або невитягнуті волокна. Це дозволяє отримати порошкоподібні матеріали і крихту для лиття під тиском. Характерним є те, що при подрібненні фізико-хімічні властивості початкової сировини практично не змінюються. Механічні способи, проте, не вирішують проблему утилізації відходів ПЕТФ, оскільки отримані в результаті гранулят або крихта вимагають подальшої переробки.

Як один з варіантів енергетичного рециклінгу можна розглянути спалювання.

Спалювання на першій погляд здається найпростішим і ефективним способом утилізації відходів із полімерів. Полімерні матеріали характеризуються високою теплотворною здатністю (у два-три рази вищою, ніж у текстило і паперу). Тому теплову енергію спалених відходів можна ефективно використовувати для одержання пару високого тиску, гарячої води як енергоносія для газових турбін, додаткового палива. Даний спосіб однак має суттєві недоліки. При спалюванні полімерів виділяється багато димових газів з частинками розміром від 0,4 до 10 мкм і більше. Сучасні фільтри сміттєспалювальних установок не можуть забезпечити 100 % очистки, і деяка кількість токсичної золи попадає в атмосферу. Також при спалюванні полімерів виділяються хлороводень, оксиди нітрогену і сульфору, які, у поєднанні з атмосферною вологою, сприяють виникненню кислотних дощів. Зола, яка утворюється після спалювання полімерів, містить важкі метали.

До сировинного рециклінгу відносять термічні процеси обробки відходів.

При цьому полімерні відходи розкладаються на низькомолекулярні сполуки [7]. До термічного розкладу відносяться термічний і каталітичний піролізи.

Термічний і каталітичний піролізи проходять за температури 500-1000°C в безкисневому середовищі або в середовищі з нестачею кисню [8]. Витрати на переробку компенсуються за рахунок реалізації продуктів, що утворюються. В результаті термічної дії молекули полімерів розпадаються з утворенням низькомолекулярних продуктів, вихід і характеристики яких залежать від умов проведення процесу, природи і хімічного складу вихідних компонентів.

В більшості випадків рідкі продукти піролізу можна використовувати як паливо, оскільки вони не містять сірки, характеризуються малою в'язкістю і високою теплою спалення. Оптимальним є застосування рідких продуктів піролізу у вигляді добавок до твердого і рідкого палива. Вони можуть також служити додатковим джерелом хімічної сировини для виробництва етилену і ароматичних вуглеводів, соляної кислоти.

Найбільш прогресивною є переробка полімерних відходів у вторинну сировину за хімічним рециклінгом, що особливо важливо для України, оскільки сировинної бази для виготовлення полімерів в неї немає. Через накопичення «живих грошей» на смітниках і полігонах, перед Україною постала широка перспектива одержати нове джерело надходження полімерного матеріалу у виробництво. Особливо це стосується відходів ПЕТФ. Ціна переробки 1 т відходів ПЕТФ досягає 1200 дол. США [9].

Хімічний рециклінг відходів ПЕТФ поєднує гідроліз, ацидоліз, алкоголіз, аміноліз.

Гідроліз являє собою хімічну реакцію зворотну реакції поліконденсації. З його допомогою при дії води поліетилентерефталат руйнується до вихідних речовин (етиленгліколь, диметилтерефталат) за зв'язками з'єднання олігомерів [2]. Гідроліз відбувається під впливом екстремальної температури і тиску.

Ацидоліз – це деструкція полімеру під дією карболових кислот, яка протікає з утворенням більш низькомолекулярних продуктів. В результаті ацидоліза одержують продукти, які близькі по молекулярних масах. Алкоголіз – метод хімічної деструкції полімеру, який відбувається під дією спиртів і відповідно тому яким спиртом проводиться деструкція так і називається метод. Наприклад, метаноліз – проводиться спиртом метанолом, гліколіз – проводиться спиртом етиленгліколем, гліцероліз – проводиться спиртом гліцерином

тощо. Аміноліз – передбачає деструкцію полімеру під дією амінів.

Відомо економічний, безперервний, екологічно чистий метод деполімеризації ПЕТФ нейтральним гідролізом до терефталевої кислоти і етиленгліколя [10]. Вихід кислоти складає 90 %. Переробку кольорових пляшок з-під напоїв проводять за допомогою додаткової операції – сублімації.

Фірмою «United Recovery» розроблена [11, 12] технологія хімічної утилізації відходів ПЕТФ, яка на першій стадії передбачає обробку подрібненого полімеру гідроксидами металів. Отримують етиленгліколь і солі металів терефталевої кислоти. Потім масу нагрівають до 200-300 °С і випаровують етиленгліколь. Солі металів терефталевої кислоти виділяють і очищують за температури 105°С. Перевагою даного методу є отримання термостабільних солей без забруднення і цінного мономеру з меншою вартістю і високою чистотою.

Пропонується спосіб розкладання ПЕТФ (з відходів) в метилбензоат з отриманням терефталевої і бензойної кислот [13], які можуть знайти застосування: терефталева кислота – для синтезу ПЕТФ; бензойна кислота – для синтезу капролактаму, фенолу і консервантів в харчовій промисловості і сільському господарстві.

У Німеччині фірмою "H&S Anlagentechnik GmbH" широко використовується метод переробки відходів ПЕТФ у високо якісні ароматичні поліестери – поліолі [14], які використовуються для одержання твердих пін, твердих блочних продуктів, твердих інтегральних пін, інтегральних пін, еластичних пін, еластичних інтегральних пін тощо. Центром Oxid L.P. (в США) розроблений технологічний процес переетерифікації ПЕТФ із відпрацьованих контейнерів, рентгенівських плівок, мікрохвильових підносів, промислових відходів тощо та одержання ароматичних складних поліестерполіолів (АПЕПОЛ) під назвою Terol [15]. Для цього ПЕТФ піддають гліколізу одним або сумішшю вищих гліколей з каталізатором переетерифікації, з добавками, які підвищують ОН-число. В результаті одержані 9 типів Terol, наприклад, від TR-196 з числом ОН-185, в'язкістю 3000 мПа·с, функціональністю 2,0 до TR-386 з ОН-числом 370, функціональністю 2,6, в'язкістю 7000 мПа·с. Особливістю процесу є видалення важких металів, наприклад, стибію, який використовується в якості каталізатора при синтезі ПЕТФ.

Враховуючи вище зазначене, нами були проведені дослідження щодо алкохолізу ПЕТФ багатоматеріальним спиртом – гліцерином [16]. Продукти синтезу (рециклати) відносять до олігоестерів (ароматичних поліолів), які можна використовувати як основу для клеїв розплавів, ненасичених та насичених поліестерних смол, алкідних фарб.

Цікавим і перспективним напрямком подальшого використання рециклатів як ароматичних поліолів (АРП) є синтез поліуретанів (ПУ). В роботі досліджували особливості синтезу поліуретанових композицій на основі рециклатів відходів ПЕТФ.

В якості методів досліджень властивостей отриманих рециклатів використовували визначення кінетичної в'язкості капілярним віскозиметром, визначення динамічної в'язкості (Brookfield), основних характеристик захисних покриттів (емалей, фарб за ГОСТ 8784-75, ГОСТ 19007-73, ГОСТ 17537-72, ГОСТ 4765-73, ГОСТ 6806-73, ГОСТ 15140-78, ГОСТ 21513-76 тощо).

Властивості рециклатів синтезованих з відходів ПЕТФ значною долею визначаються технологічними особливостями синтезу. Нами досліджено вплив різних режимів синтезу:

- безперервне продування повітря через реактор з постійним перемішуванням;
- перемішування з періодичним вакуумуванням.

Синтез проводили для систем з співвідношенням ПЕТФ: гліцерин (мас.ч.) – 60: 40, 75: 25, 80: 20 за температури 230°С (каталізатор  $Zn(CH_3COO)_2$  – 0,02 % до загальної маси).

Встановлено, що при постійному перемішуванні і продуванні повітрям збільшення приведеної в'язкості рециклату відбувається більш інтенсивно у порівнянні з в'язкістю рециклатів синтезованих в умовах вакуумування.

Таблиця 1

Залежність приведеної в'язкості від часу синтезу олігоестера

Склад	Час синтезу, хв.	Приведена в'язкість, $\times 10^{-6}$ м <sup>3</sup> /г	
		Вакуум	Продування повітрям
60/40	90	4,78	5,24
	120	5,97	8,67
75/25	30	4,51	5,86
	60	5,39	7,99
	75	6,06	10,3
80/20	30	5,19	5,93
	60	6,19	9,05

Залежність зміни в'язкості за Брукфілдом у часі процесу синтезу рециклатів наведена на рис. 1.

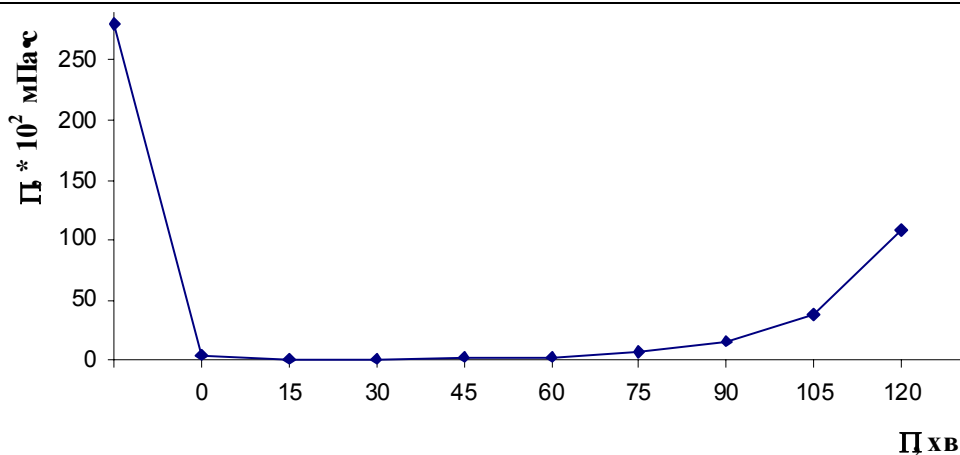


Рис. 1. Залежність в'язкості рециклату від часу реакції гліцеролізу співвідношення ПЕТФ: Гліцерин – 60: 40, температура синтезу 230 °С, каталізатор Zn (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>

Наглядно видно, що під час гліцеролізу ПЕТФ відбувається деструкція основного ланцюга вихідного ПЕТФ, в'язкість різко знижується до мінімальних для даного співвідношення компонентів значення. Поступово у часі спостерігається синтез олігоестерів (рециклатів) за рахунок реакцій поліестерифікації, що проявляється у підвищенні в'язкості системи.

Отримані рециклати з в'язкістю (за Брукфілдом) 9,5-12 Па·с (60/40), 18-23 Па·с (75/25), 24-29 Па·с (80/20) використовували як поліольну складову синтезу поліуретанів. Як ізоціанатну складову використовували ВОРАТЕК, Т80/20 (ТДІ), М14 (ПЦ) і КОРУНДИНАТ 50: 25.

Проведені попередні дослідження за властивостями показали, що найбільше відповідають характеристикам захисних покриттів рециклат системи 60: 40.

В якості каталізаторів процесу синтезу поліуретанів використовували триетиламін (ТЕА) та триетаноламін (ТЕНА). Виявилось, що незначна зміна кількості триетиламіна суттєво впливає на час полімеризації покриття (рис. 2, 3).

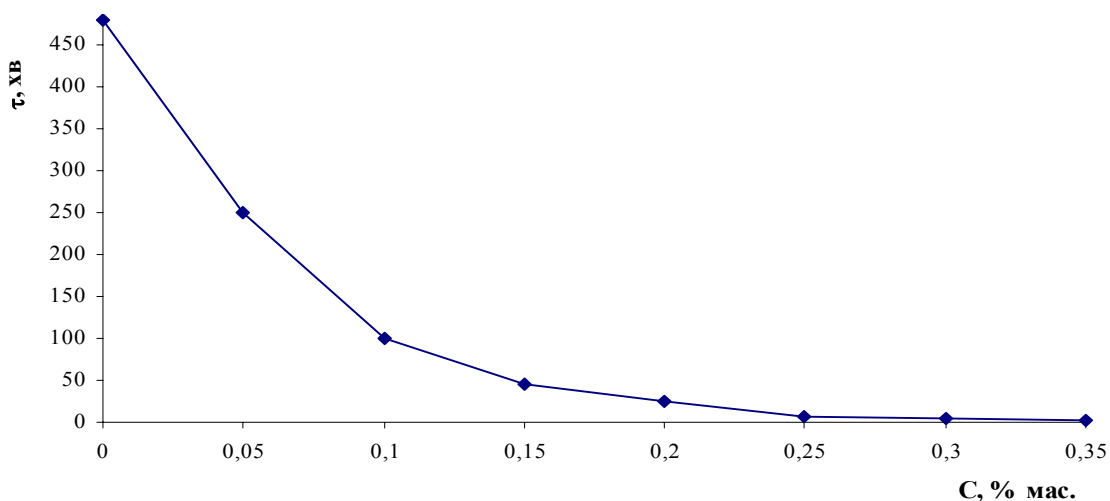


Рис. 2. Залежність часу полімеризації ПУ покриття від концентрації каталізатора ТЕА

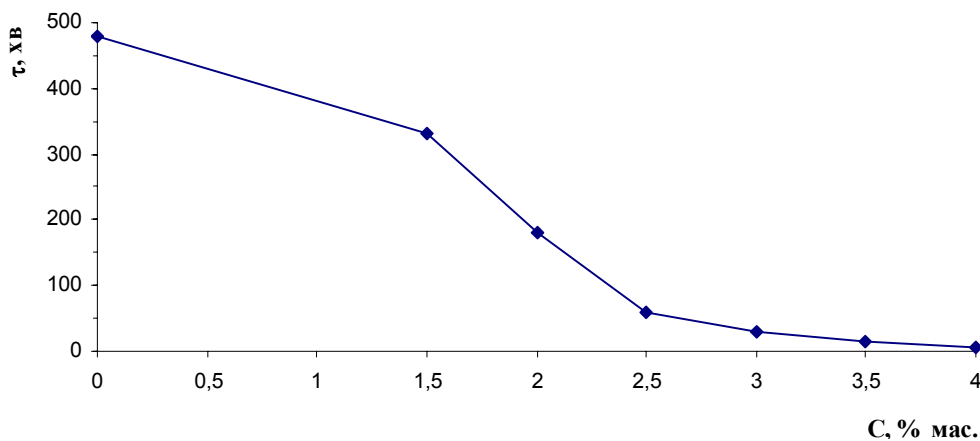


Рис. 3. Залежність часу полімеризації ПУ покриття від кількості ТЕНА

Результати досліджень свідчать про різний характер впливу каталізаторів на процес одержання поліуретанової фарби.

Для розробки складу поліуретанового покриття на основі рециклату системи (60: 40) використовували математичне планування експериментів типу  $2^3$  [17]. Розглядали наступні фактори:

- X1 – кількість  $TiO_2$ , м.ч.;
- X2 – кількість ПЩ (M14), м.ч.;
- X3 – співвідношення ТЕА і ТЕНА, об.ч.

Критеріями оцінки властивостей покриття є остаточне висихання, блиск, стійкість до удару та інтенсивність зношування. Матриця планування і результати експерименту наведені в наступній табл. 2.

Таблиця 2

Матриця планування і результати експерименту

№ дослідю	X1		X2		X3		Остат.вिसихання, хв.	Блиск	Стійкість до удару, см	Інтенсивність зношування, % мас.
1	90	+	75	+	75	+	15	0,235	15	0,88
2	50	-	75	+	75	+	7	0,315	23	1,05
3	90	+	45	-	75	+	20	0,240	23	1,57
4	50	-	45	-	75	+	12	0,375	11	3,28
5	90	+	75	+	25	-	80	0,570	23	0,51
6	50	-	75	+	25	-	45	0,615	40	1,72
7	90	+	45	-	25	-	65	0,625	15	2,13
8	50	-	45	-	25	-	45	0,600	15	2,97

Відповідно до одержаних результатів, які наведені у таблиці, побудовані лінійні математичні моделі, які дозволяють виявити вплив кожного із факторів на властивості покриття:

- **Остаточне висихання:**

$$y = 36,125 + 8,875 \cdot X1 - 22,625 \cdot X3 + 1,875 \cdot X1 \cdot X2 - 4,875 \cdot X1 \cdot X3 - 3,125 \cdot X2 \cdot X3 - 1,875 \cdot X1 \cdot X2 \cdot X3;$$

- **Блиск:**

$$y = 0,44625 - 0,02925 \cdot X1 - 0,01375 \cdot X2 - 0,1555 \cdot X3 - 0,0245 \cdot X1 \cdot X3 + 0,016 \cdot X1 \cdot X2 \cdot X3;$$

- **Стійкість до удару:**

$$y = 20,625 - 1,625 \cdot X1 + 4,625 \cdot X2 - 2,625 \cdot X3 - 4,625 \cdot X1 \cdot X2 + 2,625 \cdot X1 \cdot X3 - 3,625 \cdot X2 \cdot X3;$$

- **Інтенсивність зношування:**

$$y = 1,76375 - 0,49125 \cdot X1 - 0,72375 \cdot X2 + 0,23875 \cdot X1 \cdot X2 \cdot X3.$$

Приведені дослідження засвідчують можливість використання ароматичних поліолів в якості олігоестерної складової поліуретанових покриттів. Це дає можливість вирішити питання сировинного забезпечення синтезу поліуретанів в Україні.

### Література

1. Загальна характеристика гофрокартонної галузі України: огляд ринку гофрованого картону і упаковки (тари) з нього [Електронний ресурс] // Credit rating. – Режим доступу до статті: [http://www.credit-rating.com.ua/ru/file\\_viewer.html?id=1df583b8f12bd6dde795b220402e54ce](http://www.credit-rating.com.ua/ru/file_viewer.html?id=1df583b8f12bd6dde795b220402e54ce).
2. Балан О.Р., Литвин Б.Л., Шийчук О.В. Відходи ПЕТ. Що з ними робити? // Упаковка. – 2000. – № 6. – С.50-51.
3. Проект переработки упаковки ПЭТ и ППУ в полиол с последующим получением компонентов для пенополиуретановых систем [Електронний ресурс] // Центр энергосберегающих технологий Дон-Трейд – Режим доступу до статті: [http://www.dontrade.donbass.com/razr\\_pet.shtml](http://www.dontrade.donbass.com/razr_pet.shtml).
4. Рециклинг пластмассы, охрана среды [Електронний ресурс] // Пласт-Эксперт. – Режим доступу до статті: [www.e-plastic.ru](http://www.e-plastic.ru).
5. Коростелев В.И., Левин В.С. Производство и переработка пластмасс и синтетических смол // М., НИИТЭХИМ, 1979, № 1, с. 36-39.
6. Вильниц С.А., Вапна Ю.М. Новое в технологии порошковых полимерных материалов и покрытий // Л., ЛДНТП, 1969. – Ч.2. – С. 16-18.
7. Третьяков А.О. Переработка отходов из ПЭТФ // Упаковка. – 2004. – № 3. – С.36-39.
8. Шеваленко Н.В., Кіптик Д.Ю., Макушинський О.В. Нові технології переробки полімерних відходів та використаної тари // Хімічна промисловість України. – 2005. – № 5. – С.57-61.
9. Милицкова Е.А., Потапов И.И. Переработка отходов пластмасс. – М.: ООО Авис Оригинал, 1997. – 159 с.
10. Пат. 5 413 681 США, МКИ<sup>5</sup> В 01 D 3. Process for the recovery of terephthalic acid and ethylene glycol from poly (ethylene terephthalate) / G.C.Tustin (США), Т.М.Pell (США), D.A.Jenkins (США), М.Т.Jernigan (США); Eastman Chem Co. (США). Inc. – № 151 637; Заявл. 15.11.93; Опубл. 09.05.95.
11. Пат. 5 395 858 США, МКИ<sup>2</sup> С 07 С 51. Process for recycling polyester / Jr.J.A.Schwartz (США);

- Partek Inc. (США). Inc. – № 234 237; Заяв. 28.04.94; Опуб. 07.03.95.  
 12. Schut J. Plast. World – 1995. – 53, № 8. – Р. 27-28.  
 13. Козлов Н.Г., Коротышева Г.П // Тез. докл. 2 Научн. – технич. Конф. "Ресурсосберег. и экол. Чист. Технол.", Гродно, 8-9 октября, 1996. – Гродно, 1996. – С. 92.  
 14. Clean & Green [Електронний ресурс] // H&S Anlagentechnik GmbH – Режим доступу: [http://www.hs-anlagentechnik.de/russian/download/recycling\\_ru.pdf](http://www.hs-anlagentechnik.de/russian/download/recycling_ru.pdf).  
 15. De Leon A., Shleich David. – Доклад на конф. 18-20 лютого 1997 р. в Сінгапурі по поліуретанам.  
 16. Мандзюк І.А., Іванішена Т.В. Гліцероліз відходів ПЕТФ. Особливості кінетики // Хімічна промисловість України. – 2006. – № 10. – С.42-46.  
 17. Бондарь А.Г., Статюха Г.А., Потяженко И.А. Планирование эксперимента при оптимизации процессов химической технологии (алгоритмы и примеры): Учебное пособие. – К.: Вища школа, 1980. – 264 с.

Надійшла 7.9.2009 р.

УДК 620.2: 678.686

П.П. САВЧУК, В.П. КАШИЦЬКИЙ, О.В. ВАСАГА  
 Луцький національний технічний університет

## ВПЛИВ ПРИРОДИ МОДИФІКАТОРІВ КО-85ФМ ТА КО-08К НА СТРУКТУРОВАНІСТЬ І ВЛАСТИВОСТІ ЕПОКСИДНИХ ПОЛІМЕРІВ

*Оптимізовано склад модифікованого епоксидного полімеру та досліджено вплив кремнійорганічних модифікаторів на адгезійно-міцнісні характеристики та процеси структурування полімерних матеріалів на основі епоксидної смоли ЕД-20. Експериментально встановлено, що при введенні модифікатора КО-08К відбувається суттєве підвищення ударної міцності та ступеня структурування за рахунок створення додаткових вузлів зшивання. Показано доцільність використання кремнійорганічних модифікаторів, що призводять до покращення фізико-механічних та експлуатаційних характеристик епоксидних полімерів.*

*Composition of the modified epoxy polymer and investigational influence of modifiers is optimized on adhesive strength descriptions and processes of structurization of polymeric materials on the basis of epoxy resin ED-20. It is experimentally set that at introduction of modifier of КО-08Е there is a substantial increase of shock durability and degree of structurization due to creation of additional knots of sewing together. Expedience of the use of siliconorganic modifiers which result in the improvement of physical, mechanical and operating descriptions of epoxy polymers is shown*

Ключові слова: епоксидні полімери, оптимізація складу.

**Вступ та постановка проблеми.** Однією із головних проблем сучасного матеріалознавства є створення нових композиційних матеріалів, здатних забезпечити надійність й довговічність експлуатації деталей машин та інженерних конструкцій. Розробка таких матеріалів полягає у науково-обґрунтованому застосуванні твердників, модифікаторів, наповнювачів та встановленні оптимальних температурно-часових режимів тверднення отриманих композиційних матеріалів. Визначення оптимального вмісту вказаних компонентів є обов'язковою умовою одержання композиту з високими фізико-механічними, теплофізичними, технологічними та експлуатаційними характеристиками [1].

Розробка нових композитних матеріалів пов'язана з врахуванням процесів інтенсифікації швидко-навантажувальних режимів експлуатації машин та механізмів, додаткового впливу агресивних середовищ. Композитні матеріали на основі епоксидних смол володіють високою адгезією, що забезпечується наявністю ефірних і полярних гідроксильних груп. Також ці матеріали мають високу технологічність при формуванні покриттів та компактних виробів [2].

Отримання нових модифікованих полімерних матеріалів з покращеними механічними, теплофізичними та іншими властивостями і їх застосування в різних галузях техніки є важливою задачею. Тому, враховуючи технологічність та високу сумісність епоксидних смол з іншими полімерами, в світовій практиці широко застосовують їх модифікування з метою регулювання параметрів структурної сітки та отримання матеріалів із наперед заданими властивостями [3].

Перспективним є модифікування епоксидних полімерів кремнійорганічними сполуками. Однак, на сьогодні недостатньо вивчені механізми структурування та процеси, які відбуваються при формуванні та експлуатації епоксикремнійорганічних наповнених композитних матеріалів [4].

Композиції на основі епоксидних смол модифікованих кремнійорганічними олігомерами характеризуються підвищеною ударною в'язкістю та термостійкістю системи. Перспективність використання кремнійорганічних сполук обумовлено високими технологічними властивостями – незначною залежністю в'язкості від температури, можливістю експлуатуватися в широкому діапазоні температур [1].

Мета роботи – вивчення закономірностей формування, структури та властивостей епоксидних полімерів, модифікованих кремнійорганічними сполуками КО-85ФМ та КО-08К.

**Матеріали та методи досліджень.** В роботі як вихідний матеріал використано епоксидно-діанову