

# ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-6-127-135

**Кочергин Ю.С., \*Золотарева В.В.***Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского**\*E-mail: viktoria802@gmail.com*

## РЕГУЛИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ЭПОКСИДНЫХ ПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ ДИФЕНИЛОЛМЕТАНА С ПОМОЩЬЮ ОЛИГОБУТАДИЕНОвого КАУЧУКА С КОНЦЕВЫМИ КАРБОКСИЛЬНЫМИ ГРУППАМИ

**Аннотация.** В широком интервале концентраций исследовано влияние модифицирующих добавок олигобутадиенового каучука с концевыми карбоксильными группами марки СКД-КТР на деформационно-прочностные и адгезионные свойства эпоксидных полимеров на основе продукта ЭДФМ-19, представляющего собой диглицидиловый эфир дифенилолметана. Отверждение композиций проводили триэтилентетраминометилфенолом УП-583Т и триэтилентетрамином ТЭТА без подвода тепла извне и при нагреве до температуры 120 °С. Установлено, что с увеличением концентрации каучука показатели прочности при растяжении и модуля упругости монотонно снижаются, особенно интенсивно при содержании модификатора до 15 масс. ч. Зависимости температуры стеклования и адгезионной прочности от количества введенного каучука имеют экстремальный характер. В области концентраций модификатора от 5 до 15 масс.ч. наблюдаются максимумы, положение которых зависит от химической природы отвердителя эпоксидной смолы и режима отверждения композиции. Деформация при разрыве монотонно растет с увеличением содержания эластомера, наиболее быстро в интервале концентраций модификатора 5–25 масс. ч. Эффект проявляется как для образцов, отвержденных при комнатной температуре, так и термообработанных композиций. Благодаря значительному росту способности образца к развитию деформации, несмотря на уменьшение параметра прочности довольно ощутимо возрастает работа разрушения модифицированных образцов, что способствует повышению работоспособности композитов, модифицированных каучуком СКД-КТР, при действии ударных и вибрационных нагрузок.

**Ключевые слова:** эпоксидный полимер, диглицидиловый эфир дифенилолметана, отвердитель, олигобутадиеновый каучук с концевыми карбоксильными группами, режим отверждения, деформационно-прочностные и адгезионные свойства.

**Введение.** Ранее было показано [1–3], что эпоксидные полимеры (ЭП) на основе диглицидиловых эфиров дифенилолметана (ДГЭДФМ) характеризуются более высоким комплексом технологических, механических и адгезионных свойств по сравнению с диановыми ЭП. Вместе с тем энергия их разрушения недостаточна для успешной эксплуатации материалов при ударных и вибрационных нагрузках. В случае диановых ЭП для повышения работоспособности при динамическом нагружении большой эффект дает модификация эпоксидной матрицы жидкими каучуками с концевыми реакционноспособными группами [4–12].

В связи с этим целью настоящей работы явилось исследование влияния жидкого каучука с концевыми реакционноспособными группами на физико-механические и адгезионные свойства ЭП на основе ДГЭДФМ.

**Методология.** В качестве объекта исследования был использован опытный образец смолы на основе дифенилолметана (продукт ЭДФМ-19) с эпоксидным числом 19,3. Отверждающими

агентами служили триэтилентетраминометилфенол УП-583Т и триэтилентетрамин ТЭТА, которые вводили в ДГЭДФМ в стехиометрическом соотношении. В качестве жидкого каучука использовали олигобутадиеновый каучук с концевыми карбоксильными группами марки СКД-КТР с молекулярной массой 2800 и содержанием карбоксильных групп 2,90 %. Концентрацию каучука варьировали от 0 до 40 масс. ч. на 100 масс. ч. модифицированной смолы (что соответствует содержанию модификатора от 0 до 67 масс. ч. на 100 масс. ч. исходной, т.е. немодифицированной, смолы). Для усиления эффекта модификации проводили предварительную реакцию сополимеризации каучука и ДГЭДФМ за счет взаимодействия карбоксильных и эпоксидных групп, как это было показано ранее на примере диановых ЭП [7, 11–13]. Отверждение композиций проводили при комнатной температуре в течение 240 ч (режим I). С целью обеспечения большей полноты отверждения и выявления влияния повы-

шенных температур на комплекс свойств исследовали также образцы тех же составов, прогретые при 120 °С в течение 3 ч (режим II).

Значение времени гелеобразования ( $\tau_{\text{гел}}$ ) определяли визуальным методом с точностью  $\pm 1$  мин. в стеклянной пробирке, помещенной в воздушный термостат типа ТК-400, в котором заданная температура поддерживалась с точностью  $\pm 0,5$  °С. Энергию активации ( $E_a$ ) процесса отверждения оценивали по углу наклона кривой зависимости  $\lg(1/\tau_{\text{гел}}) - (1/T)$ .

Разрушающее напряжение при растяжении ( $\sigma_p$ ) и относительное удлинение при разрыве ( $\epsilon_p$ ) оценивали на приборе типа Поляни с использование пленочных образцов толщиной 100–150 мкм. Модуль упругости ( $E$ ) рассчитывали по наклону начального участка кривой  $\sigma - \epsilon$ . Работу разрушения ( $A_p$ ) определяли по площади под кривой нагрузка-удлинение. Температуру стеклования ( $T_c$ ) измеряли при постоянной растягивающей нагрузке 1,5 МПа на специальном приборе [14].

**Основная часть.** Установлено, что зависимость  $\tau_{\text{гел}}$  от температуры для всех исследованных композиций имеет практически линейный

характер и может быть с достаточно высокой точностью описана соотношением:

$$\tau_{\text{гел}} = 10^{(A-B \cdot T)}, \quad (1)$$

где  $T$  – абсолютная температура,  $A$  и  $B$  – постоянные.

Расчет с помощью этого соотношения значений  $A$  и  $B$  позволяет сопоставить относительную реакционную способность различных композиций при любой температуре. Модификация каучуком приводит к существенному уменьшению  $E_a$  (таблица) от 67,92 до 37,55 кДж/моль для композиций с отвердителем УП-583Т. При использовании ТЭТА  $E_a$  практически не изменяется (55,84 и 57,46 кДж/моль соответственно для исходной и модифицированной смолы). Введение каучука заметно увеличивает жизнеспособность композиций с ТЭТА как при комнатной, так и более высокой (60 °С) температурах, в то время как в случае УП-583Т для модифицированной системы  $\tau_{\text{гел}}$  меньше, чем у исходной, при комнатной температуре, и значительно больше при 60 °С.

Таблица 1

Влияние каучука на реакционную способность эпоксидной смолы

Марка смол	$E_a$ , кДж/моль	A	$B \cdot 10^4$	$\tau_{\text{гел}}$ , МИН	
				при 20 °С	при 60 °С
ЭДФМ-19+УП-583Т	67,92	12,18	347	118	5
ЭДФМ-19+СКД-КТР+УП-583Т	37,55	7,33	192	115	8
ЭДФМ-19+ТЭТА	55,84	11,62	301	120	6
ЭДФМ-19+СКД-КТР+ТЭТА	57,46	11,84	306	139	10

Влияние каучуков на деформационно-прочностные характеристики ЭП на основе ДГЭДФМ приведены на рис 1-4. Видно (рис.1), что независимо от типа отвердителя и температуры отверждения когезионная прочность при растяжении

$\sigma_p$  монотонно убывает с увеличением концентрации каучуков. Причем большей прочностью обладают образцы, отвержденные УП-583Т (рис. 1, кривые 1 и 2). Термообработка образцов способствует их упрочнению (кривые 2 и 4).

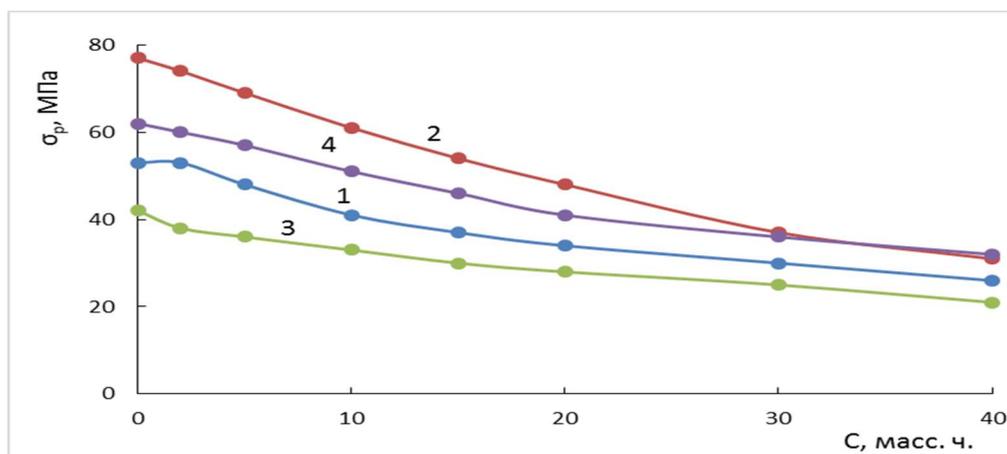


Рис. 1. Зависимость прочности при растяжении  $\sigma_p$  от концентрации каучука  $C$  для эпоксидной смолы ЭДФМ-19, отвержденной УП-583Т (1,2) и ТЭТА (3,4) по режимам I (1,3) и II (2,4)

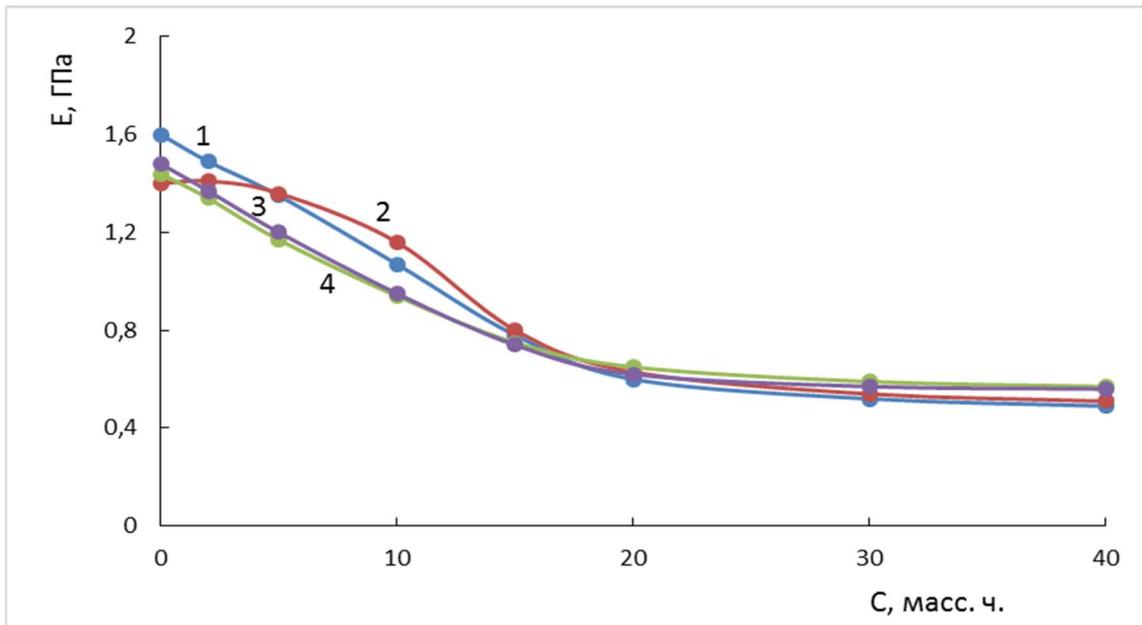


Рис. 2. Зависимость модуля упругости  $E$  от концентрации каучука  $C$  для эпоксидной смолы ЭДФМ-19, отвержденной УП-583Т(1,2) и ТЭТА (3,4) по режимам I (1,3) и II (2,4)

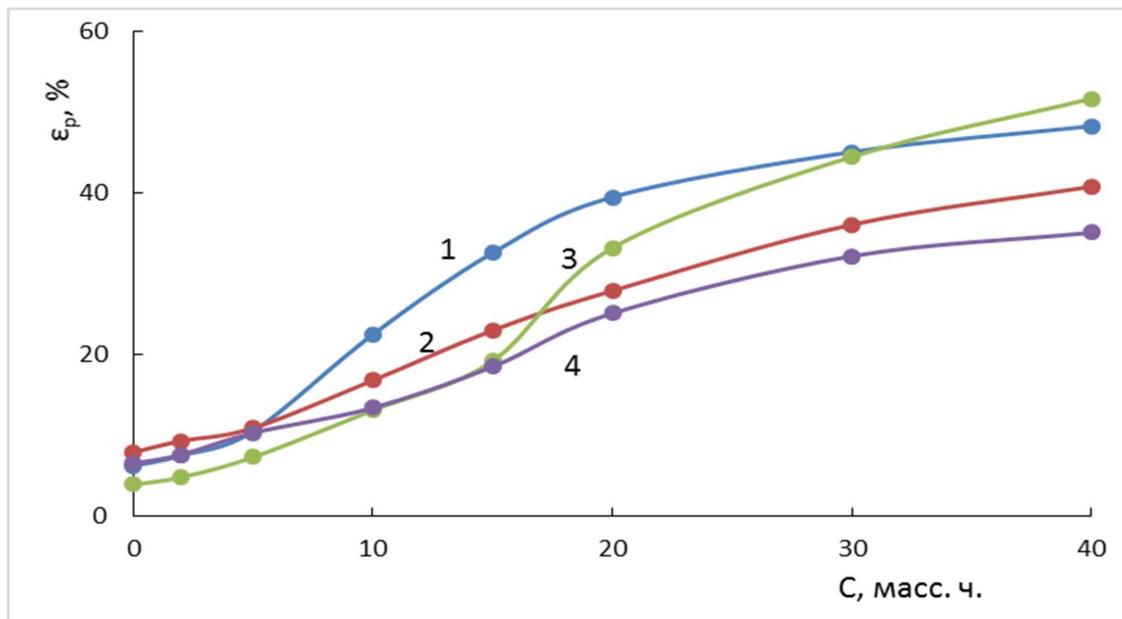


Рис. 3. Зависимость деформации при разрыве от концентрации каучука для эпоксидной смолы ЭДФМ-19, отвержденной УП-583Т(1,2) и ТЭТА (3,4) по режимам I (1,3) и II (2,4)

Аналогичное пластифицирующее действие модификатора имеет место и в случае модуля упругости (рис.2).

Деформация при разрыве монотонно растет с увеличением содержания эластомера (рис. 3), особенно быстро в интервале концентраций модификатора 5–25 масс. ч. Эффект проявляется как для образцов, отвержденных при комнатной температуре, так и термообработанных композиций. Причем термообработка приводит к некоторому уменьшению деформационной способности композитов, что может быть связано с увеличением плотности поперечного сшивания в результате воздействия повышенной температуры.

Благодаря значительному росту способности образца к развитию деформации, несмотря на уменьшение параметра прочности довольно ощутимо возрастает работа разрушения модифицированных образцов (рис. 4). Причем более рельефно эффект проявляется в диапазоне концентраций каучука 5–20 масс. ч. Как следует из рис.4, большее увеличение  $A_p$  характерно для композиций, отвержденных УП-583Т.

Зависимость температуры стеклования образцов, отвержденных УП-583Т, от концентрации каучука носит экстремальный характер, который более отчетливо проявляется для термообработанных образцов, у которых при содержании

СКД-КТР 5 масс. ч. наблюдается увеличение показателя  $T_c$  примерно на 4 °С (с 98 °С для исходного полимера до 102 °С для модифицированного образца). После достижения максимума значение  $T_c$  медленно снижается в диапазоне изменения  $C$  от 5 до 15 масс. ч., после чего скорость

уменьшения температуры стеклования несколько возрастает с ростом  $C$  до 30 масс. ч., а затем опять замедляется. В результате при  $C=40$  масс. ч.  $T_c$  уменьшается до 86 °С.

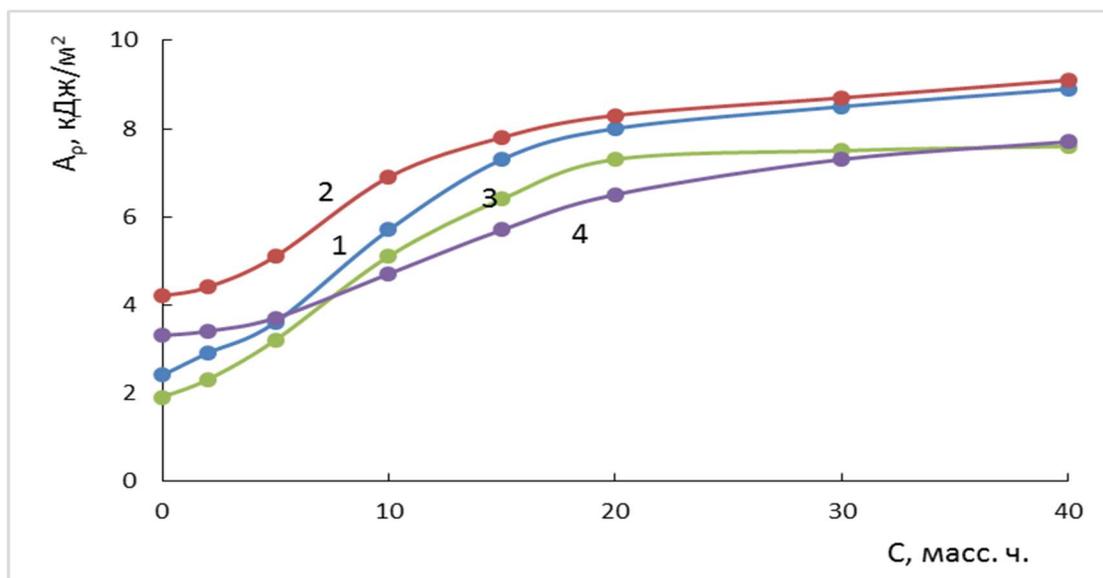


Рис.4. Зависимость работы разрушения материала от концентрации каучука для эпоксидной смолы ЭДФМ-19, отвержденной УП-583Т (1,2) и ТЭТА (3,4) по режимам I (1,3) и II (2,4)

На концентрационных зависимостях адгезионной прочности при сдвиге (рис.5) наблюдаются практически одинаковые по интенсивности максимумы, которые проявляются при концентрации каучука 10 масс. ч. для образцов, отвержденных УП-583Т, и 15 масс. ч. для образцов, отвержденных ТЭТА. После термообработки величина и положение максимумов адгезионной прочности практически не изменяются. Величина эффекта упрочнения зависит при этом от

химической природы отвердителя и режима отверждения. Для композиций, отверждаемых без подвода тепла, показатель  $\tau_b$  в большей мере возрастает для композиций с отвердителем ТЭТА, чем с УП-583Т (соответственно в 2,48 и 1,74 раза). В то же время для термообработанных образцов рост адгезионной прочности при введении каучука существенно меньше и составляет 1,42 и 1,34 раза соответственно для композиций, отвержденных УП-583Т и ТЭТА.

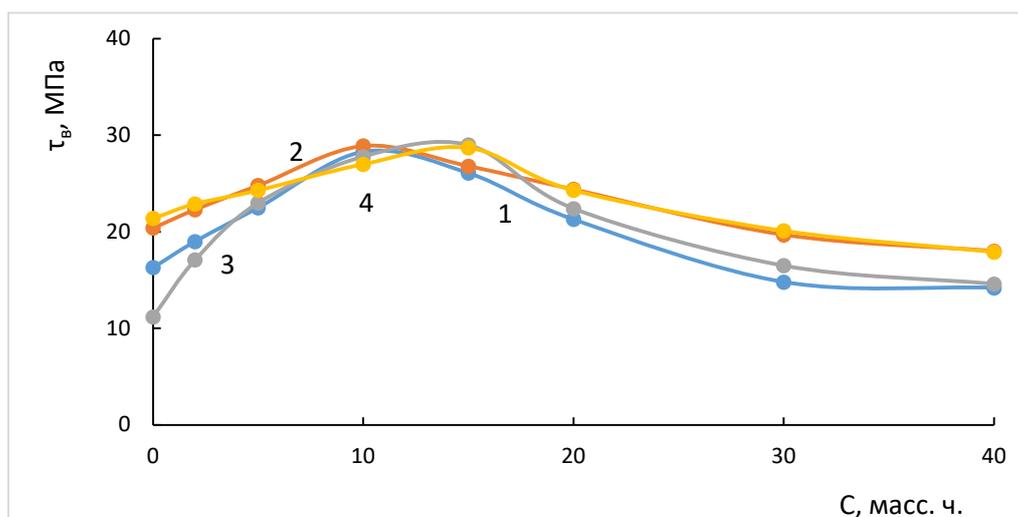


Рис. 5. Зависимость адгезионной прочности при сдвиге от концентрации каучука для эпоксидной смолы ЭДФМ-19, отвержденной УП-583Т(1,2) и ТЭТА (3,4) по режимам (1,3) и (2,4)

Представляло интерес сравнить модифицирующее действие каучука СКД-КТР на смолу

ЭДФМ-19 и близкую к ней по химическому строению и содержанию эпоксидных групп диановую

смола ЭД-20. Как видно из диаграмм, представленных на рис. 6–10, композиции на основе ДГЭДФМ при близких значениях когезионной и адгезионной прочности, модуля упругости существенно превосходит диановые ЭП по деформационной способности и работе разрушения. В то же время для эпоксидно-каучуковых полимеров на основе ЭД-20 величины температуры стеклования и адгезионной прочности больше, чем для композиций на основе ЭДФМ-19. Интересно было также провести сравнительную оценку модифицирующего действия исследуемого каучука СКД-КТР и ранее изученного нами [3] каучука марки СКН-11ХР на свойства ЭП на основе

ДФМ. Как видно из рис. 6-10, образцы, содержащие каучук СКН-11ХР, превосходят композиты с эластомером СКД-КТР по величинам когезионной прочности  $\sigma_p$ , модуля упругости и температуры стеклования, но значительно уступают им по таким важным эксплуатационным характеристикам как деформация при разрыве (примерно в 8 раз для образцов, отвержденных по режиму I, и почти в 3 раза для образцов, отвержденных по режиму II), работа разрушения (около 5 раз для образцов, отвержденных по режиму I, и примерно 2,7 раза для образцов, отвержденных по режиму II), и адгезионная прочность при сдвиге (около 22 % для обоих режимов отверждения).

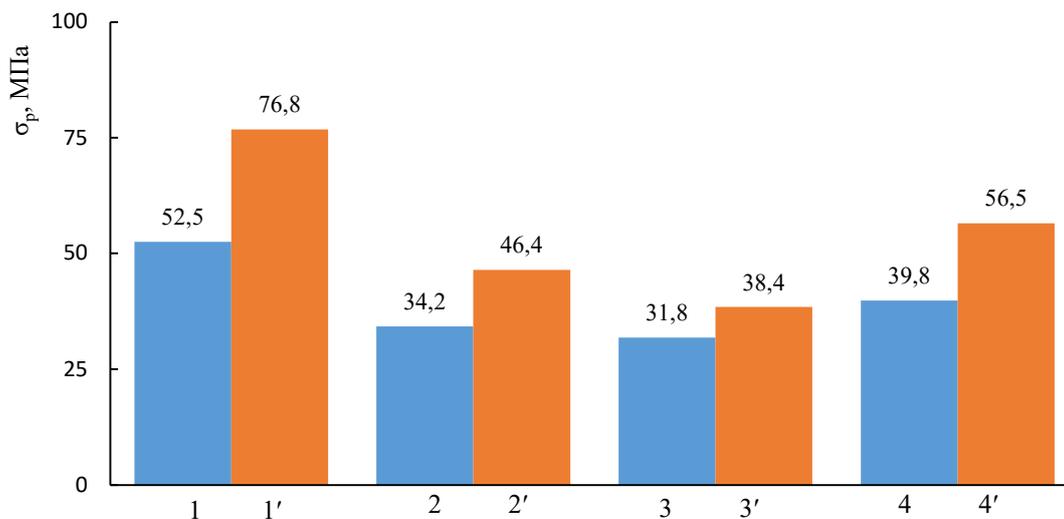


Рис. 6. Зависимость прочности при растяжении для образцов на основе исходной смолы ЭДФМ-19 (1, 1') и модифицированной 20 масс.ч. каучуков СКД-КТР (2, 2') и СКН-11ХР (4, 4'). 3, 3'-образцы на основе смолы ЭД-20, содержащей 20 масс.ч. каучука СКД-КТР. 1-4-образцы отверждены по режиму I; 1'-4' – образцы отверждены по режиму II. Отвердитель УП-583Т

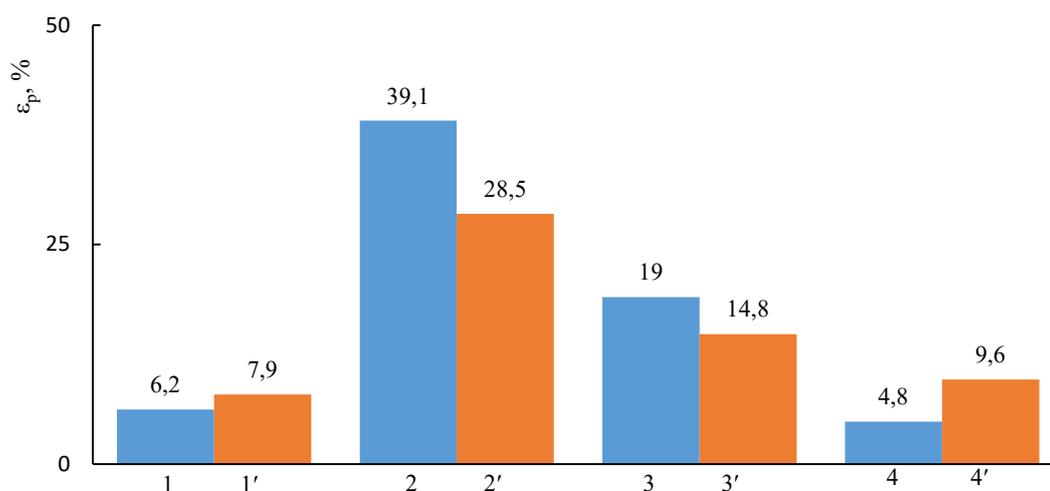


Рис. 7. Зависимость деформации при разрыве для образцов на основе исходной смолы ЭДФМ-19 (1, 1') и модифицированной 20 масс.ч. каучуков СКД-КТР (2, 2') и СКН-11ХР (4, 4'). 3, 3'-образцы на основе смолы ЭД-20, содержащей 20 масс.ч. каучука СКД-КТР. 1-4-образцы отверждены по режиму I; 1'-4' – образцы отверждены по режиму II. Отвердитель УП-583Т

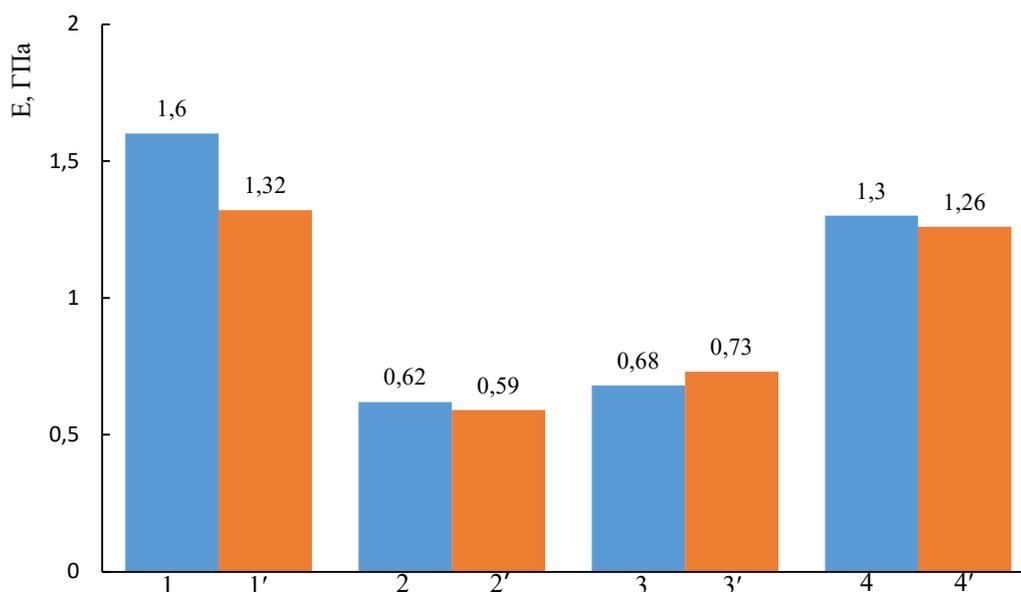


Рис. 8. Зависимость модуля упругости для образцов на основе исходной смолы ЭДФМ-19 (1, 1') и модифицированной 20 масс.ч. каучуков СКД-КТРА (2, 2') и СКН-11ХР (4, 4'). 3, 3'-образцы на основе смолы ЭД-20, содержащей 20 масс.ч. каучука СКД-КТР. 1-4-образцы отверждены по режиму I; 1'-4' – образцы отверждены по режиму II. Отвердитель УП-583Т

Учитывая хорошую корреляцию между работой разрушения материала и показателем ударной вязкости [7, 11–13], на основании значительного увеличения параметра  $A_p$  можно

говорить о высокой работоспособности композитов, модифицированных каучуком СКД-КТР, в условиях действия ударных и вибрационных нагрузок.

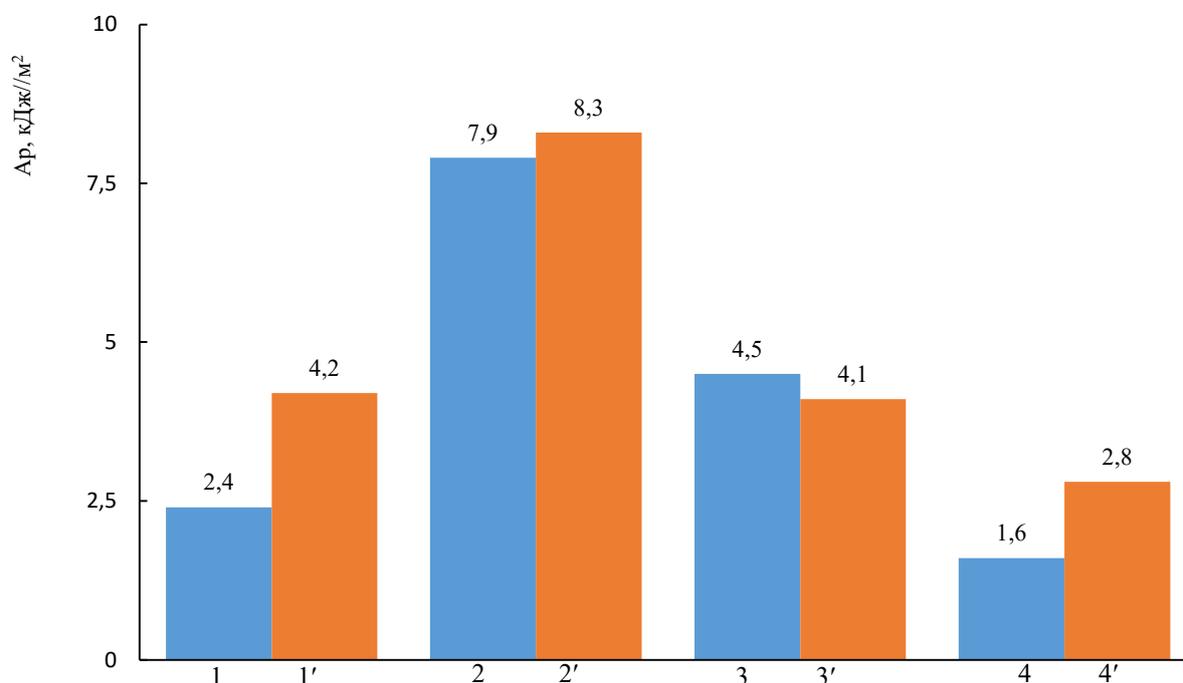


Рис. 9. Зависимость работы разрушения для образцов на основе исходной смолы ЭДФМ-19 (1, 1') и модифицированной 20 масс.ч. каучуков СКД-КТРА (2, 2') и СКН-11ХР (4, 4'). 3, 3'-образцы на основе смолы ЭД-20, содержащей 20 масс.ч. каучука СКД-КТР. 1-4-образцы отверждены по режиму I; 1'-4' – образцы отверждены по режиму II. Отвердитель УП-583Т

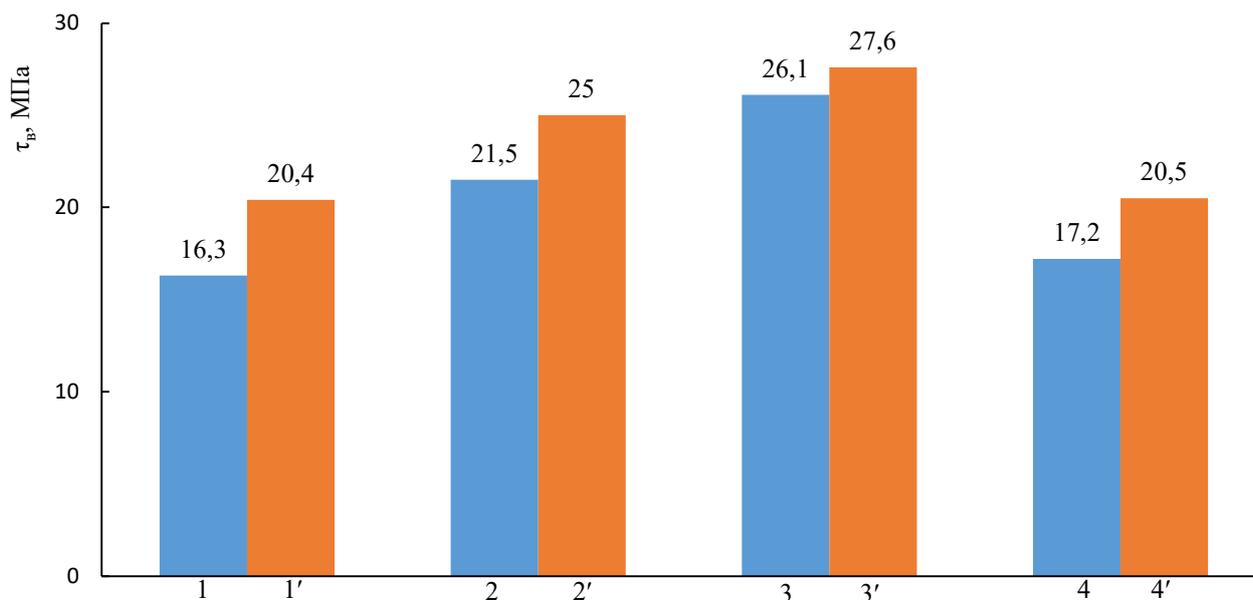


Рис. 10. Зависимость адгезионной прочности при сдвиге для образцов на основе исходной смолы ЭДФМ-19 (1, 1') и модифицированной 20 масс.ч. каучуков СКД-КТРА (2, 2') и СКН-11ХР (4, 4'). 3, 3'-образцы на основе смолы ЭД-20, содержащей 20 масс.ч. каучука СКД-КТРА. 1-4-образцы отверждены по режиму I; 1'-4' – образцы отверждены по режиму II. Отвердитель УП-583Т

**Выводы.** Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о весьма высоком эффекте модификации эпоксидных полимеров на основе диглицидилового эфира дифенилметана жидким олигобутадиеновым каучуком с концевыми карбоксильными группами. Это находит свое выражение в значительном увеличении деформационной способности, работы разрушения материала и адгезионной прочности клеевых соединений, выполненных с применением таких систем. Величину эффекта можно регулировать количеством каучука, изменением химической природы отверждающего агента и температуры отверждения композиции.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кочергин Ю.С., Золотарева В.В. Свойства композитов на основе диглицидиловых эфиров дифенилметана // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 4. С. 96–101.
2. Кочергин Ю.С., Золотарева В.В. Сравнительное исследование композиционных материалов на основе диглицидиловых производных дифенилметана // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2018. №11. С. 91–98.
3. Кочергин Ю.С., Золотарева В.В., Шатохина Д.С. Регулирование свойств эпоксидных полимеров на основе дифенилметана с помощью модификаторов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. №6. С. 96–101.
4. Бакнелл К.Б. Разрушение смесей полимеров // Полимерные смеси / Под ред. Д. Пола, С. Ньюмена. М.: Мир, 1981. Т.2. С. 99–139.

5. Ньюмен С. Модификация пластмасс каучуками // Полимерные смеси / Под ред. Д. Пола, С. Ньюмена. М.: Мир, 1981. Т.2. С. 70–98.

6. Бабаевский П.Г., Кулик С.Г. Трещиностойкость отвержденных полимерных композиций. М.: Химия, 1991. 336 с.

7. Зайцев Ю.С., Кочергин Ю.С., Пактер М.К., Кучер Р.В. Эпоксидные олигомеры и клеевые композиции. Киев: Наук. думка, 1990. 200 с.

8. Kochergin Yu.S., Kulik T.A., Grigorenko T.I. Special-Purpose Epoxy Adhesives // Polymer Sci. Ser.C. 2007. Vol. 49, № 1. Pp. 17–21.

9. Кочергин Ю.С., Григоренко Т.И., Шологон В.В., Лойко Д.П. Эпоксидные клеи со специальным комплексом свойств // Вопросы химии и химической технологии. 2007. № 5. С. 92–98.

10. Полимерные смеси. Т. 1: Систематика / Под ред. Д.Р. Пола, К.Б. Бакнелла / Пер. с англ. под ред. В.Н. Кулезнева. СПб.: Научные основы и технологии, 2009. 618 с.

11. Кочергин Ю.С., Кулик Т.А., Григоренко Т.И. Клеи на основе модифицированных каучуками эпоксидных смол // Пластические массы. 2005. № 12. С. 5–9.

12. Кочергин Ю.С., Кулик Т.А., Ривкинд В.Н., Маковецкая Т.Л., Зайцев Ю.С. Динамическая прочность эпокси-каучуковых клеевых композиций в адгезионном соединении // Пластические массы. 1984. № 11. С. 22–23.

13. Кочергин Ю.С., Золотарева В.В., Григоренко Т.И. Износостойкость композиционных

материалов на основе эпоксидно-каучуковых полимеров // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №4. С. 10–19.

14. Малкин А.Я., Аскадский А.А., Коврига В.В. Методы измерения механических свойств полимеров. М.: Химия, 1978. 336 с.

*Информация об авторах*

**Кочергин Юрий Сергеевич**, доктор технических наук, профессор кафедры общинженерных дисциплин. E-mail: ivano.tanya2011@yandex.ua. Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского. Украина, 83117, Донецк, ул. Щорса, 31

**Золотарева Виктория Владимировна**, кандидат технических наук, доцент кафедры товароведения и экспертизы непродовольственных товаров. E-mail: viktorija802@gmail.com. Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского. Украина, 83117, Донецк, ул. Щорса, 31

Поступила 30.04.2020

© Кочергин Ю.С., Золотарева В.В., 2020

**Kochergin Y.S., \*Zolotareva V.V**

*Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky*

*\*E-mail: viktorija802@gmail.com.*

## REGULATION OF PROPERTIES OF EPOXY POLYMERS BASED ON DIPHENYLOLMETHANE USING OLIGOBUTADIENE RUBBER WITH TERMINAL CARBOXYL GROUPS

**Abstract.** *The influence of modifying additives of oligobutadiene rubber with terminal carboxyl groups of the SKD-KTR brand on the deformation-strength and adhesive properties of epoxy polymers based on the EDFM-19 product, which is a diglycidyl ether of diphenylolmethane, is studied in a wide range of concentrations. The compositions are cured with triethylentetramine methylphenol UP-583T and triethylentetramine THETA without heat supply from the outside and when heated to a temperature of 120°C. It is found that with increasing rubber concentration, the tensile strength and elastic modulus indicators monotonously decrease, especially intensively when the modifier content is up to 15 mass parts. The dependence of the glass transition temperature and adhesion strength on the amount of introduced rubber is extreme. In the range of modifier concentrations from 5 to 15 parts by weight peaks are observed, the position of which depends on the chemical nature of the hardener of the epoxy resin and the curing mode of the composition. The deformation at break increases monotonously with the increase in the elastomer content, most rapidly in the range of modifier concentrations of 5-25 mass parts. The effect is shown both for samples cured at room temperature and heat-treated compositions. Due to a significant increase in the ability of the sample to develop deformation, despite the decrease in the strength parameter, the work of destruction of modified samples increases significantly. It contributes to improving the performance of composites modified by SKD-KTR rubber under the action of shock and vibration loads.*

**Keywords:** *epoxy polymer, diglycidyl ether of diphenylolmethane, hardener, oligobutadiene rubber with terminal carboxyl groups, curing mode, deformation-strength and adhesive properties.*

### REFERENCES

1. Kochergin Yu.S., Zolotareva V.V. Properties of composites based on diglycidyl ethers of diphenylolmethane [Svojstva kompozitov na osnove diglicidilovyh efirov difenilolmetana]. Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov. 2018. No. 4. Pp. 96–101. (rus)
2. Kochergin Yu.S., Zolotareva V.V. Comparative study of composite materials based on diglycidyl derivatives of diphenylolmethane [Sravnitel'noe issledovanie kompozicionnyh materialov na osnove diglicidilovyh proizvodnyh difenilolmetana]. Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov. 2018. No. 11. Pp. 91–98. (rus)
3. Kochergin Yu.S., Zolotareva V.V., Shatohina D.S. Regulation of properties of epoxy polymers based on diphenylolmethane by means of modifiers [Regulirovanie svojstv epoksidnyh polimerov na osnove difenilolmetana s pomoshch'yu modifikatorov]. Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov. 2019. No. 6. Pp. 96–101. (rus)
4. Bucknell K.B. Destruction of polymer mixtures [Razrushenie smesey polimerov]. Polymer mixtures. ed. by D. Paul, S. Newman. Moscow: Mir, 1981. Vol. 2. Pp. 99–139. (rus)
5. Newman S. Modification of plastics with rubbers [Modifikaciya plastmass kauchukami]. Polymer mixtures. ed. by D. Paul, S. Newman. Moscow: Mir, 1981. Vol. 2. Pp. 70–98. (rus)

6. Babaevsky P.G., Kulik S.G. Crack Resistance of cured polymer compositions [Трещиноустойчивость отвержденных полимерных композиций]. Moscow: Chemistry, 1991. 336 p. (rus)
7. Zaitsev Yu.S., Kochergin Yu.S., Pakter M.K., Kucher R.V. Epoxy oligomers and adhesive compositions [Эпоксидные олигомеры и клеевые композиции]. Kiev: Nauk. Dumka, 1990. 200 p. (rus)
8. Kochergin Yu.S., Kulik T.A., Grigorenko T.I. Special-Purpose Epoxy Adhesives. Polymer Sci. Ser.C. 2007. Vol. 49, No. 1. Pp. 17–21.
9. Kochergin Yu.S., Grigorenko T.I., Shologon V.V., Loiko D.P. Epoxy adhesives with a special set of properties [Эпоксидные клеи со специальным комплексом свойств]. Questions of chemistry and chemical technology. 2007. No. 5. Pp. 92–98. (rus)
10. Polymer mixtures. Vol. 1: Systematics [Полимерные смеси. Т. 1: Систематика]. Ed. by D. R. Paul, K. B. Bucknell. Trans. from the English under the editorship of V. N. Kuleznev. SPb.: Scientific bases and technologies, 2009. 618 p. (rus)
11. Kochergin Yu.S., Kulik T.A., Grigorenko T.I. Adhesives based on epoxy resins modified with rubbers [Клеи на основе модифицированных каучуками эпоксидных смол]. Plastic. 2005. No. 12. Pp. 5–9. (rus)
12. Kochergin Yu.S., Kulik T.A., Rivkind V.N., Makovetskaya T.L., Zaitsev Yu.S. Dynamic strength of epoxy rubber adhesive compositions in an adhesive compound [Динамическая прочность эпоксикаучуковых клеевых композиций в адгезионном соединении]. Plastic masses. 1984. No. 11. Pp. 22–23. (rus)
13. Kochergin Yu.S., Zolotareva V.V., Grigorenko T.I. Wear resistance of composite materials based on epoxy-rubber polymers [Износостойкость композиционных материалов на основе эпоксидно-каучуковых полимеров]. Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov. 2017. No. 4. Pp. 10–19. (rus)
14. Malkin A.Y., Askadsky A.A., Kovriga V.V. Methods of measurement of mechanical properties of polymers [Методы измерения механических свойств полимеров]. Moscow: Chemistry, 1978. 336 p. (rus)

#### Information about the authors

**Kochergin, Yuri S.** PhD, Professor Department of General Engineering Disciplines. E-mail: ivano.tanya2011@yandex.ua. Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky. Ukraine, 83117, Donetsk, st. Shchorsa 31

**Zolotareva, Victoriya V.** PhD, Assistant professor Department of Commodity Science and Expertise of Non-Food Products. E-mail: viktoria802@gmail.com. Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky. Ukraine, 83117, Donetsk, st. Shchorsa 31

---

Received 30.04.2020

#### Для цитирования:

Кочергин Ю.С., Золотарева В.В. Регулирование свойств эпоксидных полимеров на основе дифенилметана с помощью олигобутадиенового каучука с концевыми карбоксильными группами // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 6. С. 127–135. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-6-127-135

#### For citation:

Kochergin Y.S., Zolotareva V.V. Regulation of properties of epoxy polymers based on diphenylolmethane using oligobutadiene rubber with terminal carboxyl groups. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 6. Pp. 127–135. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-6-127-135