

# ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.34031/article\_5d02031ece1b71.09384111

<sup>1</sup>Кочергин Ю.С., <sup>1,\*</sup>Золотарева В.В., <sup>1</sup>Шатохина Д.С.<sup>1</sup>Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского  
Украина, 83117, г. Донецк, ул. Щорса, 31

\*E-mail: viktoria802@gmail.com

## РЕГУЛИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ЭПОКСИДНЫХ ПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ ДИФЕНИЛОЛМЕТАНА С ПОМОЩЬЮ МОДИФИКАТОРОВ

**Аннотация.** В широком интервале концентраций исследовано влияние модифицирующих добавок политетраметилэфиринового гликоля, дибутилфталата и низкомолекулярных каучуков марок СКН-11ХР и СКТН на деформационно-прочностные и адгезионные свойства полимеров на основе эпоксидированных производных дифенилолметана. Установлено, что концентрационные зависимости показателей прочности при растяжении, деформации при разрыве и работы разрушения материала имеют экстремальный характер. В области малых концентраций наблюдаются максимумы, интенсивность и положение которых зависят от химической природы модификаторов и режима отверждения композиции. Для образцов, отвержденных без подвода тепла извне, эффект упрочнения выражен более рельефно по сравнению с термообработанными образцами. Зависимость адгезионной прочности от концентрации модификатора имеет более сложный характер, причем во всем исследованном диапазоне концентраций модифицированные образцы по адгезионным характеристикам превосходят исходный композит. Показано, что эффект упрочнения при введении модификаторов в большей степени проявляется при отрицательных температурах испытания.

**Ключевые слова:** эпоксидный полимер, диглицидиловый эфир дифенилолметана, отвердитель, режим отверждения, деформационно-прочностные и адгезионные свойства, релаксационные переходы.

**Введение.** Ранее было показано [1, 2], что эпоксидные олигомеры и полимеры на основе диглицидиловых эфиров дифенилолметана имеют ряд преимуществ перед диановыми смолами. Они отличаются меньшей вязкостью, лучшей адгезионной прочностью, более высоким уровнем физико-механических свойств при пониженных температурах. В продолжение исследований этого вида эпоксидных смол целью настоящей работы явилось изучение влияния модификаторов, с успехом используемых в случае диановых эпоксидных смол, на свойства эпоксиполимеров на основе дифенилолметана.

**Методология.** В качестве объекта исследования был использован опытный образец смолы на основе дифенилолметана (продукт ЭДФМ-19) с эпоксидным числом 19,3. Модификаторами служили дибутилфталат (ДБФ) с показателями свойств по ГОСТ 8728-88, политетраметилэфиринового гликоля (ПТМЭГ) с молекулярной массой (ММ) 2000, жидкий сополимер олигобутадиена и акрилонитрила с концевыми хлоргруппами (каучук СКН-11ХР по ТУ 403489-84 с ММ = 3200, содержанием хлора – 1,95 %) и олигодиметилсилоксановый каучук СКТН марки А с концевыми гидроксильными группами (ГОСТ 13835-73). Отверждение смолы и ее смесей с модификаторами проводили триэтилентетраминометилфенолом УП-583Т по режимам 25 °С/240 ч (режим I) и 25 °С/72 ч. + 120 °С/3 ч (режим II).

Разрушающее напряжение при растяжении  $\sigma_r$ , относительное удлинение при разрыве  $\epsilon_r$  и внутренние напряжения  $\sigma_{вн}$  оценивали на динамометре типа Поляни с использованием пленочных образцов толщиной 100–150 мкм. Модуль упругости  $E$  рассчитывали по наклону начального участка кривой  $\sigma - \epsilon$ . Мерой работы разрушения  $A_r$  служила площадь под кривой нагрузка – удлинение. Температуру стеклования  $T_g$  измеряли при постоянной растягивающей нагрузке 1 МПа на специальном приборе [5]. Сопротивление сдвигу  $\tau_b$  клеевых соединений определяли по ГОСТ 14759-69. Степень отверждения  $\alpha$  измеряли методом экстрагирования в ацетоне в аппарате Сокслета. Тангенс угла механических потерь  $\tan \delta$  и динамический модуль сдвига  $G'$  измеряли на крутильном маятнике МК-1 в температурном диапазоне от –120 до +130 °С на образцах размером 75×10×0,5 мм.

**Основная часть.** Как следует из рис. 1, зависимость параметра  $\sigma_r$  от концентрации модификаторов носит экстремальный характер. В области малых добавок наблюдается некоторое повышение прочности, после чего  $\sigma_r$  монотонно убывает с увеличением содержания модификатора. При этом оптимальная концентрация, соответствующая максимуму прочности, зависит от типа модификатора и режима отверждения композиции. В наибольшей степени эффект упрочнения проявляется в композициях, содержащих 2 мас. ч. СКТН и ПТМЭГ, особенно если системы

отверждались без подвода теплоты. Для ДБФ и СКН-11ХР увеличение  $\sigma_p$  происходит только для непрогретых образцов, а для термообработанных

композиций показатель прочности при использовании этих модификаторов во всем диапазоне концентраций убывает.

Таблица 1

## Свойства модифицированных эпоксиполимеров

Модификатор	Содержание, мас.ч.	$\epsilon_p$ , %	$E$ , ГПа	$T_c$ , °С	$\alpha$ , %	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>
ПТМЭГ	0	5,1/6,8	1,73/1,86	58/101	83,8/96,8	1220/1229
	2	5,9/7,7	1,72/1,92	61/106	-	-
	5	6,4/5,9	1,72/1,94	57/105	-	-
	7	5,7/5,7	1,68/1,91	57/105	-	-
	10	3,6/5,4	1,64/1,86	55/103	80,1/93,7	1216/1215
	15	3,5/5,3	1,61/1,59	53/100	-	-
	25	3,5/5,3	0,95/1,13	48/99	-	-
СКТН	2	5,3/8,1	1,65/1,64	60/102	-	-
	5	5,8/7,6	1,56/1,57	57/110	-	-
	7	6,5/6,4	1,54/1,57	58/105	-	-
	10	4,9/4,9	1,48/1,53	56/103	79,2/92,9	1205/1197
	15	3,2/4,9	1,40/1,55	54/103	-	-
СКН-11ХР	2	5,3/8,1	1,70/1,86	58/102	-	-
	5	5,3/9,1	1,68/1,78	56/106	-	-
	7	6,8/7,1	1,58/1,86	55/106	-	-
	10	5,9/6,9	1,61/1,80	55/105	80,2/91,8	1200/1202
	15	4,4/8,7	1,72/1,36	52/102	-	-
ДБФ	2	5,4/6,8	1,50/1,90	56/100	-	-
	5	6,8/6,9	1,34/1,91	53/91	-	-
	7	6,0/7,2	1,30/1,86	52/90	-	-
	10	5,4/7,6	1,21/1,78	51/89	-	1217/1220
	15	5,7/7,1	1,02/1,67	48/88	-	-
	25	7,6/6,8	0,78/1,50	48/84	-	-

Примечание: до черты – образцы отверждены по режиму I, после черты – по режиму II.

Деформация  $\epsilon_p$  зависит от количества добавки более сложным образом (табл. 1). При малых концентрациях (С) величина  $\epsilon_p$  возрастает с образованием максимума при  $C = 2-7$  мас. ч. (в зависимости от типа модификатора и режима отверждения), затем в интервале  $7 < C < 15$  мас. ч. она убывает, а далее при  $C > 15$  мас. ч. снова начинает увеличиваться. Исключения составляют образцы, содержащие ПТМЭГ, для которых при больших концентрациях модификатора  $\epsilon_p$  сохраняет стабильные значения. Наблюдаемая закономерность изменения  $\epsilon_p$  в зависимости от количества модификатора может быть объяснена следующим образом. При малых добавках действие модификатора направлено на уменьшение межмолекулярного взаимодействия за счет блокирования полярных групп (подобно тому, как это происходит при введении поверхностно-активных веществ [6,7]), т.е. система пластифицируется, вследствие чего  $\epsilon_p$  растет. В области промежуточных концентраций, благодаря отсутствию ограничений, накладываемых физическими связями, создаются условия для большей свободы

конформационных перегруппировок молекулярных цепей эпоксида, что увеличивает вероятность контакта непрореагировавших реакционноспособных групп, и как следствие, приводит к большей плотности поперечного сшивания. Тот факт, что это предположение не подтверждается результатами определения степени отверждения эпоксиполимера методами экстрагирования (см. табл. 1), обусловлен, по-видимому, вымыванием модифицирующих добавок при выдержке образцов в ацетоне. Увеличение плотности химической сетки обуславливает уменьшение деформационной способности модифицированных систем. При больших концентрациях модификатора снова начинает преобладать эффект пластификации и  $\epsilon_p$  возрастает. В случае ПТМЭГ отсутствие увеличения  $\epsilon_p$  в области больших концентраций модификатора, по-видимому, связано с образованием физической сетки за счет концевых групп модификатора и гидроксильных групп эпоксидной матрицы, ограничивающей молекулярную подвижность.

Модуль упругости  $E$  для образцов, отверженных без термообработки (режим I), уменьшается при введении всех исследуемых модификаторов (табл. 1). Особенно резкое снижение наблюдается для ДБФ. В случае образцов, отверженных по режиму II, при малых концентрациях ПТМЭГ и ДБФ имеет место небольшое увеличение модуля, а затем при  $C > 5$  мас.ч.  $E$  монотонно убывает. Для каучуков СКТН и СКН-11ХР уменьшение модуля происходит сразу после введения модификатора. Особенно резкое снижение наблюдается для СКТН.

Модификация не приводит к существенному уменьшению теплостойкости, если композиции отверждались при комнатной температуре (табл. 1), а в термообработанных образцах вызывает некоторое возрастание  $T_c$  (за исключением образцов, содержащих ДБФ).

Как видно из рис. 2, при модификации весьма ощутимо увеличивается адгезионная прочность. Особенно значительный эффект получен при использовании ПТМЭГ и ДБФ, когда удается повысить  $t_b$  более, чем в 2 раза.

В то же время модифицированные полимеры отличаются меньшей плотностью  $\rho$  (табл. 1). В большей степени это присуще образцам, содержащим СКТН и СКН-11ХР.

Что касается параметра  $A_p$ , то при температуре испытания, близкой к комнатной, выигрыш в работе разрушения довольно мал (рис. 3). Он составляет не более 40%. В большей мере увеличение  $A_p$  проявляется для образцов, содержащих ДБФ и СКТН (холодное отверждение), СКН-11ХР и СКТН (горячее отверждение). В то же время при пониженных и повышенных температурах испытания преимущества композиций, содержащих модифицированные полимеры, становятся более очевидными (табл. 2). Так, образцы, содержащие СКН-11ХР при  $-60$  и  $-120$  °С превосходят исходный полимер по величине  $A_p$  почти в 2 раза. Это обусловлено существенно большим возрастанием  $\sigma_r$  для модифицированных полимеров при понижении температуры по сравнению с немодифицированными. Отметим также, что и при повышенных температурах прочность модифицированных образцов выше. По значениям  $\epsilon_r$  модифицированные образцы превосходят исходные при отрицательных температурах и в области развитого высокоэластического состояния ( $150$  °С). В переходной области (вблизи  $T_c$ ) деформационные свойства образцов различаются в меньшей степени (некоторое исключение составляет композиция с каучуком СКН-11ХР). Наличие модификаторов мало сказывается на внутренних напряжениях (см. табл. 2).

Таблица 2

### Зависимость свойств модифицированных эпоксиполимеров от температуры испытания

Показатель	Температура испытания, °С	Модификатор (7 мас. ч. на 100 мас. ч. эпоксидного олигомера)			
		Исходный образец	СКТН	ПТМЭГ	СКН-11ХР
$\sigma_r$ , МПа	-120	58,3	80,5	84,2	88,9
	-60	59,7	81,3	77,8	89,7
	20	52,6	52,7	49,4	50,1
	80	3,4	6,2	6,4	5,4
	150	1,2	1,5	1,6	1,4
$\epsilon_r$ , %	-120	4,3	5,3	4,4	5,5
	-60	4,8	6,5	5,7	6,0
	20	5,0	6,5	5,7	6,8
	80	83,8	81,3	79,5	98,4
	150	15,3	22,0	24,7	25,2
$E$ , ГПа	-120	2,32	1,99	2,30	2,20
	-60	2,20	1,93	1,90	2,22
	20	1,73	1,34	1,68	1,58
	80	0,05	0,37	0,08	0,29
	150	0,01	0,01	0,01	0,01
$A_p$ , кДж/м <sup>2</sup>	-120	1,9	3,1	2,8	3,7
	-60	2,2	4,1	3,4	4,1
	20	2,0	2,6	2,2	2,6
	80	2,2	3,8	3,7	3,5
	150	0,15	0,19	0,21	0,20
$\sigma_{вн}$ , МПа	-120	54,0	47,1	54,3	55,8
	-60	33	25,7	27,7	31,9
	20	0,8	0,9	0,9	0,8

Примечание: образцы отверждены по режиму I.

Разные модификаторы оказывают неодинаковое воздействие на релаксационные переходы, обнаруживаемые методом динамической механической спектроскопии. Если при введении ПТМЭГ и СКН-11ХР интенсивность низкотемпературного  $\beta$ -перехода увеличивается (табл. 3) пропорционально концентрации добавки, то при введении СКТН, наоборот, наблюдается уменьшение  $\text{tg } \delta$  в максимуме  $\beta$ -пика. Температура  $\beta$ -пика ( $T_\beta$ ) понижается при введении СКТН, возрастает при добавлении ПТМЭГ и практически

не изменяется при модификации СКН-11ХР. Температура высокотемпературного  $\alpha$ -перехода ( $T_\alpha$ ) убывает во всех случаях пропорционально концентрации модификатора (исключением является СКТН; при малых его содержаниях  $T_\alpha$  возрастает, т.е. проявляется эффект антипластификации). Интенсивность  $\alpha$ -пика ( $\text{tg } \delta_\alpha$ ) убывает при введении ПТМЭГ и СКТН, а при СКН-11ХР, наоборот, возрастает.

Таблица 3

**Влияние модифицирующих добавок на релаксационные переходы в полимере на основе дифенилолметана**

Модификатор	Содержание модификатора, мас. ч.	$T_\beta$ , °C	$\text{tg } \delta_\beta$	$T_\alpha$ , °C	$\text{tg } \delta_\alpha$
-	0	-60	0,034	64	1,04
ПТМЭГ	7	-60	0,041	60	0,91
	25	-51	0,046	51	0,81
СКТН	7	-60	0,034	70	1,00
	25	-72	0,028	49	0,71
СКН-11ХР	7	-62	0,034	62	1,25
	25	-62	0,069	60	1,16

Примечание: образцы отверждены по режиму I.

Исследованиями с помощью крутильного маятника установлено, что динамический модуль сдвига в температурном диапазоне между  $\beta$ - и  $\alpha$ -переходами снижается пропорционально количеству модификатора. В этом интервале для значений  $G'$  соблюдается последовательность  $G'_{\text{исх}} > G'_{\text{ПТМЭГ}} > G'_{\text{СКН-11ХР}} > G'_{\text{СКТН}}$ , что достаточно хорошо коррелирует с результатами измерения модуля упругости  $E$  статическим методом (см. табл. 1).

**Выводы.** Таким образом, модификация эпокси-полимеров на основе диглицидиловых эфиров дифенилолметана низкомолекулярными каучуками и пластификаторами способствуют улучшению комплекса их свойств, особенно при отрицательных температурах испытания. Установлено, что зависимости показателей прочности при растяжении, деформации при разрыве и работы разрушения материала имеют экстремальный характер. В области малых концентраций (до 5 мас. ч.) наблюдаются максимумы, интенсивность и положение которых зависят от химической природы модификаторов и режима отверждения композиции. Для образцов, отвержденных без подвода тепла извне, эффект упрочнения выражен более рельефно по сравнению с термообработанными образцами. После достижения максимальных величин показатели данных свойств монотонно и достаточно быстро снижаются с ростом содержания модифицирующей добавки до значений, существенно меньших, чем у исходного полимера.

Зависимость адгезионной прочности  $\tau_b$  от концентрации модификатора имеет более сложный характер. Для всех исследованных модификаторов, кроме дибутилфталата, при малых добавках наблюдаются отчетливые максимумы, после которых для образцов, содержащих политетраметиленэфирный гликоль и каучук СКН-11ХР, адгезионная прочность снижается, а затем снова возрастает до значений, больших, чем в точке максимума. Для каучука СКТН после максимума параметр  $\tau_b$  монотонно снижается. В случае дибутилфталата максимум  $\tau_b$  не проявляется, а наблюдается монотонный рост адгезионной прочности с увеличением содержания модификатора. Важно, что во всем исследованном диапазоне концентраций модифицированные образцы по адгезионным характеристикам превосходят исходный композит. Показано также, что эффект упрочнения в большей степени проявляется при отрицательных температурах испытания.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кочергин Ю.С., Золотарева В.В. Свойства композитов на основе диглицидиловых эфиров дифенилолметана // 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 дифенилолметана // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №11. С. 91–98.

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

4. Кочергин Ю.С., Аскадский А.А., Слоимский Г.Л. и др. Исследование ползучести линейных и сетчатых полимеров на основе полиарилатов и эпоксидных полимеров // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 1978. Т. 20. № 4. С. 880–887.

5. Кочергин Ю.С., Кулик Т.А. Регулирование свойств эпоксидно-каучуковых клеев с помощью наполнителей и ПАВ // Интенсификация

процессов склеивания: Материалы семинара, Л.:ЛДНТП, 1987. С. 21–31.

6. Кочергин Ю.С., Кулик Т.А., Прядко А.Ф. Влияние ПАВ на свойства эпоксидно-каучуковых композиций // Пластические массы. 1988. № 1. С. 44–47.

7. Хозин В.Г. Усиление эпоксидных полимеров. Казань: Изд-во ПИК «Дом печати», 2004. 446с.

8. Ефимов А.В., Козлов П.В., Бакеев Н.Ф. Явления пластификации и антипластификации в полимерных стеклах // Докл. АН СССР. 1974. Т. 230, №3. С. 639–641.

Поступила в марте 2019 г.

© Кочергин Ю.С., Золотарева В.В., Шатохина Д.С., 2019

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: viktoria802@gmail.com. Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского. Украина, 83117, Донецк, ул. Щорса, 31.

**Шатохина Дарья Сергеевна**, аспирант кафедры товароведения и экспертизы непродовольственных товаров. Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского. Украина, 83117, Донецк, ул. Щорса, 31.

<sup>1</sup>*Kochergin Y.S., <sup>1,\*</sup>Zolotareva V.V., <sup>1</sup>Shatohina D.S.*

<sup>1</sup>*Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky  
Ukraine, 83117, Donetsk, st. Shchorsa 31*

*\*E-mail: viktoria802@gmail.com*

## REGULATION OF PROPERTIES OF EPOXY POLYMERS BASED ON DIPHENYLMETHANE USING MODIFIERS

**Abstract.** *The influence of modifying additives of polytetramethylene glycol, dibutyl phthalate and low molecular weight rubbers of SCN-11HR and SCTN on deformation-strength and adhesion properties of polymers based on epoxidized derivatives of diphenylmethane is studied in a wide range of concentrations. It is established that concentration dependences of the parameters of tensile strength, strain at break and work of failure of the material are of extreme character. In the region of low concentrations, maxima are observed, the intensity and position of which depend on the chemical nature of the modifiers and the curing mode of the composition. For samples cured without external heat supply, the hardening effect is more pronounced in comparison with heat-treated samples. The dependence of the adhesive strength on the concentration of the modifier is more complex, and in the entire studied range of concentrations, the modified samples exceed the original composite in adhesion characteristics. It is shown that the hardening effect at the introduction of modifiers is more evident at negative test temperatures.*

**Keywords:** *epoxy polymer, diglycidyl ether of diphenylmethane, hardener, curing mode, deformation-strength and adhesive properties, relaxation transitions.*

### 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. Malkin A.Y., Askadsky A.A., Kovriga V.V. Methods of measurement of mechanical properties of polymers [*Metody izmereniya mekhanicheskikh svoystv polimerov*]. M.: Chemistry, 1978. 336 p. (rus)

4. Kochergin Yu. S., Askadsky A.A., Slonimsky G. L. et al. The study of creep of linear and reticulated polymers based polyarylates and epoxy polymers [*Issledovanie polzuchesti linejnyh i setchatyh polimerov na osnove poliarilatov i epoksidnyh polimerov*]. High molecular compounds. Series A, 1978. Vol. 20. No. 4. Pp. 880–887. (rus)

5. Kochergin Yu.S. Kulik T.A. Regulation of the properties of epoxy-rubber adhesives with the help of fillers and surfactants [*Regulirovanie svoystv*

*epoksidno-kauchukovyh kleev s pomoshch'yu napolnitelej i PAV*]. Intensification of gluing processes: seminar, L.: LDNTP, 1987. Pp. 21–31. (rus)

6. Kochergin Yu.S., Kulik T.A., Pryadko A.F. Influence of surfactants on the properties of epoxy-rubber compositions [*Vliyanie PAV na svoystva epoksidno-kauchukovyh kompozicij*]. Plastic masses. 1988. No. 1. Pp. 44–47. (rus)

7. Khozin V.G. Strengthening of epoxy polymers [*Usilenie epoksidnyh polimerov*]. Kazan: publishing house of the press PIK, 2004. 446 p. (rus)

8. Efimov A.V., Kozlov P. V., Bakeev N. F. Plasticization and antiplasticization phenomenon in polymer glasses [*Yavleniya plastifikacii i antiplastifikacii v polimernyh steklah*]. Reports USSR Academy of sciences. 1974. Vol. 230. No. 3. Pp. 639–641. (rus)

#### *Information about the authors*

**Kochergin, Yuri S.** PhD, Professor. 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. E-mail: viktorija802@gmail.com. Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky. Ukraine, 83117, Donetsk, st. Shchorsa 31.

**Shatohina, Dar'ya S.** Graduate student. Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky. Ukraine, 83117, Donetsk, st. Shchorsa 31.

---

*Received in Marsh 2019*

#### **Для цитирования:**

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. 90–95. DOI: 10.34031/article\_5d02031ece1b71.09384111

#### **For citation:**

Kochergin Y.S., Zolotareva V.V., Shatohina D.S. Regulation of properties of epoxy polymers based on diphenylmethane using modifiers. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 6. Pp. 90–95. DOI: 10.34031/article\_5d02031ece1b71.09384111