

УДК 678.686.3

Ю. С. КОЧЕРГИН, В. В. ЗОЛОТАРЕВА, Д. С. ШАТОХИНА

Государственная организация высшего профессионального образования «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского»

ЭПОКСИДНЫЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ДИГЛИЦИДИЛОВЫХ ЭФИРОВ ДИФЕНИЛОЛМЕТАНА

Аннотация. Охарактеризованы основные физико-химические свойства диглицидиловых эфиров на основе изомеров, составляющих исходный дифенилолметан. При различном соотношении исходных изомеров дифенилолметана с эпихлоргидрином синтезированы смолы с разным содержанием эпоксидных групп. Установлена зависимость деформационно-прочностных и адгезионных свойств полимеров от концентрации эпоксидных групп в смоле, химической природы отвердителя и температурно-временного режима отверждения. Выявлен высокий уровень прочности при растяжении, деформации при разрыве и работы разрушения эпоксидных композитов, особенно при отрицательных температурах. По величине ударпрочности при пониженных температурах композиты на основе дифенилолметана значительно превосходят материалы на основе широко применяемых диановых смол.

Ключевые слова: диглицидиловые эфиры дифенилолметана, эпоксидная смола, отвердитель, время гелеобразования, температура стеклования, деформационно-прочностные, адгезионные свойства.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Композиционные материалы на основе эпоксидных олигомеров обладают уникальным комплексом ценных технологических и эксплуатационных свойств. Высокая адгезия ко многим материалам, малая усадка в процессе отверждения, хорошие электроизоляционные свойства, химическая стойкость, высокая прочность, малая ползучесть под нагрузкой обеспечивают им успешное использование в различных отраслях народного хозяйства.

Наиболее крупными отраслями-потребителями эпоксидных композитов являются строительство, электротехническая, электронная, радиотехническая, химическая промышленность, авиация, судостроение, машиностроение и др.

Одной из важных областей применения эпоксидных смол является строительство зданий и шоссейных дорог [1–7]. Также они с успехом используются в тех случаях, когда требуется высокая химическая стойкость [1]. Так, керамические трубы, покрытые составами из ЭС, используются в дренажных системах больших химических заводов, где кислоты разрушают незащищенные керамические трубы. Потрескавшиеся желоба кормушек на птицефабриках часто восстанавливают, используя эпоксидное покрытие. Все большее применение эпоксидные составы находят для покрытия и ремонта полов, наряду с полиуретановыми, полиэфирными и акриловыми системами [1–3].

В практике дорожного строительства и ремонта появились новые виды бетона на новых вяжущих материалах. Пластбетоном называют дорожно-строительный материал, состоящий из минеральной части (в большинстве случаев аналогичной асфальтобетону) и вяжущего полимерного синтетического вещества (полиэфирная, эпоксидная, инден-кумароновая смола, перхлорвинил). Он является эффективным дорожно-строительным материалом, способным к окрашиванию, обладающим высокой прочностью, химической стойкостью и другими положительными свойствами [4–6]. Описано [4] применение пластбетонов для защиты металлических и бетонных настилов автодорожных мостов и для ремонта бетонных магистралей.

Описано применение эпоксидных покрытий для отделки строительных балконов для создания внешнего вида, подобного кафелю. Еще одним способом применения эпоксидов является их использование в качестве связующего для получения мозаичного покрытия пола. Прочность и химстойкость таких покрытий выше, чем у обычных мозаичных покрытий. Кроме того, они более разнообразны по цвету [7]. Полимерные материалы с различными наполнителями в последнее время находят все более широкое применение для маркировки дорожных покрытий. Светлый цвет вяжущего позволяет окрашивать эти материалы в любой цвет, высокая адгезия способствует хорошему прилипанию составов к покрытию, а значительная износостойкость, сопротивляемость воздействию различных агрессивных сред и другие достоинства способствуют расширению применения пластбетонов и пластраторов. Основные виды эпоксидных материалов, используемых в строительстве, представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Примеры применения эпоксидных материалов в строительстве

Основные виды эпоксидных материалов	Основное назначение	Преимущественные показатели	Экономический эффект применения, отнесенный к стоимости материала
Полимербетоны, компаунды, клеи	Разметочные полосы дорог, плиты для полов, наливные бесшовные полы	Физико-механические показатели, износостойкость, беспыльность, высокая адгезия	от 3 до 29
Покрытия (лакокрасочные, порошковые, водно-дисперсионные)	Декоративно-облицовочные и защитные функции	Малая усадка, химическая стойкость	
Связующие для стекло- и углепластиков	Ремонт железобетонных конструкций, дорог, аэродромов. Склеивание конструкций мостов и др. Вытяжные трубы и ёмкости хим. производств. Трубопроводы	Атмосферостойкость, Химстойкость, Прочность, Теплостойкость	

В настоящее время основным видом эпоксидных смол являются олигомерные продукты, получаемые из дифенилолпропана (ДФП) и эпихлоргидрина (ЭХГ). Однако не во всех случаях диановые эпоксидные смолы на основе ДФП (другое название – диан) в полной мере обеспечивают все возрастающие требования передовых отраслей промышленной химии. Так, при изготовлении слоистых пластиков, пропиточных композиций и др. с целью снижения вязкости диановых смол необходимо вводить в их состав разбавители или растворители, которые ухудшают прочностные характеристики и теплостойкость отвержденных продуктов.

В связи с этим большой интерес представляют низковязкие эпоксидные смолы на основе ближайшего аналога диана – дифенилолметана (бисфенола F). В частности, выпускаемая японской фирмой «Дайнишпон Инки Когаку Коге» эпоксидная смола «Эпикурон-830» характеризуется пониженной вязкостью (3...4 Па·с при 25 °С против 11...15 Па·с у смол на основе диана).

Поскольку в литературе практически отсутствуют сведения о способах получения глицидиловых эфиров дифенилолметана и свойствах продуктов их отверждения, была предпринята попытка восполнить этот пробел.

Целью настоящей работы явилось исследование физико-химических и технологических свойств эпоксидных смол на основе диглицидиловых эфиров дифенилолметана и оценка их деформационно-прочностных и адгезионных свойств в широком температурном диапазоне.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Исходный дифенилолметан (ДФМ) является смесью кристаллических *o,o'*-, *o,n'*- и *n,n'*-изомеров. В то же время смеси диглицидиловых эфиров ДФМ, взятых в соотношении *o,o'* – 10...15 %, *o,n'* – 30...35 %, *n,n'* – 50...55 %, представляют собой устойчивые жидкости.

Глицидиловые эфиры индивидуальных изомеров были получены взаимодействием ДФМ с ЭХГ в присутствии едкого натра (табл. 2). Эпоксидные смолы на основе исходных изомеров ДФМ получали их взаимодействием с ЭХГ в присутствии хлористого калия и воды при 75–80 °С с последующим дегидрохлорированием хлоргидриновых эфиров ДФМ концентрированным водным раствором едкого натрия. В результате при различном соотношении ДФМ:ЭХГ синтезированы смолы с

Таблица 2 – Свойства диглицидиловых эфиров ДФМ

Глицидиловый эфир ДФМ	Выход глицидиловых эфиров от ДФМ, %	Содержание эпоксидных групп*, %	$T_{пл}$, °С
<i>o,o'</i>	150,3	27,3	85...86
<i>o,n'</i>	150,5	27,5	52...54
<i>n,n'</i>	150,0	27,5	55...57

*Примечание. Вычисленное значение: 27,6.

разным содержанием эпоксидных групп (табл. 3). Характерной особенностью этих эфиров является их способность кристаллизоваться. В диглицидиловых эфирах дифенилолметана содержится почти теоретическое количество эпоксидных групп (табл. 2), при этом *o,o'*-изомер ДФМ выделен впервые.

Таблица 3 – Свойства эпоксидных смол на основе ДФМ и ДФП

Показатели	ЭДФМ-22	ЭДФМ-25	NPEF-170	ЭД-22	ЭД-24
Содержание хлора, %	0,20	0,18	0,15	0,4	0,4
Содержание эпоксидных групп, %	22,4	24,9	23,8–26,7	22,7	24,5
Динамическая вязкость при 25 °С, Па с	11,4	4,3	2,0–5,0	9,5	7,0

В результате специально проведенных исследований установлена область жидкого состояния смеси диглицидиловых эфиров ДФМ в треугольнике Гиббса, где осями координат состав-состав служат стороны равностороннего треугольника. В треугольнике трехкомпонентной системы область жидкого состояния ограничена прямой, и точки, соответствующие составу изомеров, расположены в центре этой области.

Методом дифференциального термического анализа (ДТА) определялась устойчивость исходных бисфенолов и соответствующих глицидиловых эфиров, а также контролировались процессы отверждения с применением различных отвердителей. Как видно из приведенных в табл. 2 данных, исходные изомеры ДФМ и их диглицидиловые эфиры обладают различной термической устойчивостью. Термостабильность *n,n'*-изомера ДФМ, его диглицидилового эфира и смеси диэфира с отвердителями больше, чем в случае с другими изомерами ДФМ. Полученные данные позволили выбрать режим отверждения диглицидиловых эфиров ДФМ.

Жидкие, длительно некристаллизующиеся смолы можно получить как смешением индивидуальных глицидиловых эфиров ДФМ, так и синтезом эпоксидных олигомеров из смеси изомеров ДФМ, взятых в тех же соотношениях, что и глицидиловые производные.

Из смеси изомерных дифенилолметанов были синтезированы эпоксидные смолы с различным содержанием эпоксидных групп (ЭДФМ-22 и ЭДФМ-25). Их основные свойства приведены в табл. 3 (для сравнения даны свойства диановых аналогов ЭД-22 и ЭД-24 и импортной смолы на дифенилолметана NPEF-170). Видно, что при близких значениях концентрации эпоксидных групп смола на основе ДФМ (продукт ЭДФМ-25) обладает существенно меньшей динамической вязкостью, чем диановая смола ЭД-24 (соответственно 4,3 и 7,0). По этому показателю она соответствует зарубежной смоле NPEF-170.

Величину $\tau_{\text{гел}}$ определяли визуальным методом с точностью ± 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 σ_p и относительное удлинение при разрыве ϵ_p оценивали на динамометре типа Поляни [8] с использованием пленочных образцов толщиной 100...150 мкм. Модуль упругости E рассчитывали по углу наклона начального участка кривой растяжения. Работу разрушения A_p определяли по площади под кривой нагрузка-удлинение.

Температуру стеклования T_c измеряли при постоянном растягивающем напряжении 1,5 МПа на специальном приборе [9]. Сопротивление сдвигу τ_b клеевых соединений определяли по ГОСТ 14759-69, сопротивление отрыву $\sigma_{отр}$ – по ГОСТ 14760-69. Степень отверждения α измеряли методом экстрагирования в ацетоне в аппарате Сокслета. Водопоглощение W определяли по приращению массы пленочных образцов после выдержки в воде в течение 24 ч.

Установлено, что зависимость $\tau_{гел}$ от температуры для всех исследованных композиций имеет практически линейный характер и может быть с достаточно высокой точностью описана соотношением:

$$\tau_{гел} = 10^{(A-B \cdot T)},$$

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

Расчет с помощью этого соотношения значений A и B (табл. 4) позволяет сопоставить относительную реакционную способность различных композиций при любой температуре. Как видно из табл. 3, реакционная способность композиций изменяется в зависимости от температуры. Так, при 20 °С время желатинизации композиции на основе смолы ЭДФМ-24 с отвердителем УП-583Т в 1,85 раза ниже, а при 60 °С, наоборот, в 2,33 раза выше, чем у композиции на основе смолы ЭДФМ-22 с тем же отвердителем. Тип отвердителя также в ряде случаев влияет на реакционную способность композиции.

Таблица 4 – Реакционная способность эпоксидных смол

Марка смол	E_a , кДж/моль	A	B 10^4	$\tau_{гел}$, МИН	
				при 20 °С	при 60 °С
ЭДФМ-22	<u>82,12</u>	<u>14,73</u>	<u>430</u>	<u>135</u>	<u>3</u>
	67,46	13,14	376	133	4
ЭДФМ-24	<u>48,60</u>	<u>9,19</u>	<u>250</u>	<u>73</u>	<u>7</u>
	75,00	14,43	417	163	4

Примечание: числитель – отвердитель УП-583Т, знаменатель – ТЭТА.

Относительную реакционную способность эпоксидных композиций можно оценить не только по величинам $\tau_{гел}$ и E_a , но и по значениям параметров A и B . Наибольший интерес с практической точки зрения представляют композиции с достаточно высокими значениями B (относительно величины A), поскольку такие композиции обладают длительной жизнеспособностью при температуре переработки 20...60 °С, а при большей температуре процесс их отверждения протекает с максимальной скоростью.

Рассмотрим механические свойства отвержденных эпоксидных смол. Как следует из данных табл. 5, полимеры на основе ДФМ превосходят диановые (при равном содержании эпоксидных групп) по значениям σ_p , ϵ_p и адгезионной прочности τ_b и σ_b при близких значениях модуля упругости и температуры стеклования.

Что касается полноты отверждения, то для диановых смол она выше как при отверждении без подвода тепла, так и после термообработки. Причина этого, по-видимому, заключается в различной реакционной способности диглицидиловых эфиров ДФМ, вследствие чего после полимеризации более реакционноспособных изомеров из-за значительного увеличения вязкости после точки геля реакция отверждения менее реакционноспособных изомеров затрудняется. Непрореагировавшие части смолы и отвердителя выполняют функции антипластификатора, что обуславливает, с одной стороны, большие значения σ_p и E (в результате усиления взаимодействия полярных групп полимера и антипластификатора [10]), а с другой – меньшее значение T_c для отвержденных смол ДФМ по сравнению с диановыми. Еще одним подтверждением эффекта антипластификации может служить более высокая плотность ρ полимеров на основе ДФМ (табл. 5).

Эпоксиполимеры на основе ДФМ намного превосходят диановые по работоспособности при низких температурах (табл. 6). Эффект возрастает с уменьшением температуры. Так, если при комнатной температуре σ_p полимеров на базе ЭДФМ-22 больше, чем ЭД-22, в 1,12 раза, то при –60 °С различие составляет 1,44, а при –120 °С 1,78.

Благодаря более высоким прочностным и деформационным показателям полимеры на основе ДФМ во всем исследованном интервале стеклообразного состояния (от –120 до 80 °С) характеризуются существенно большими значениями работы разрушения и с учетом хорошей корреляции A_p и ударопрочности [10, 11] имеют лучшую работоспособность при динамическом нагружении.

Таблица 5 – Свойства эпоксидных полимеров*

Показатели	ЭДФМ-22	ЭД-22	ЭДФМ-25	ЭД-24	NPEF-170
σ_p , МПа	<u>67,4</u> 89,0	<u>51,9</u> 60,7	<u>64,0</u> 73,1	<u>43,2</u> 59,1	<u>50,5</u> 59,9
ε_p , %	<u>10,6</u> 10,2	<u>4,6</u> 7,6	<u>8,4</u> 10,6	<u>6,8</u> 8,9	<u>7,7</u> 9,3
E, ГПа	<u>1,33</u> 1,36	<u>1,31</u> 1,32	<u>1,20</u> 1,39	<u>1,23</u> 1,10	<u>1,21</u> 1,30
T _c , °C	<u>56</u> 111	<u>58</u> 113	<u>52</u> 112	<u>54</u> 116	<u>56</u> 108
τ_b , МПа	<u>19,6</u> 21,4	<u>13,6</u> 19,4	20,3	15,7	21,2
$\sigma_{отр}$, МПа	44,6	29,7	35,5	28,3	32,6
W, %	–	–	<u>1,2</u> 2,3	<u>3,2</u> 3,0	<u>1,5</u> 2,5
α , %	–	–	<u>77,2</u> 89,3	<u>87,1</u> 98,7	<u>83,4</u> 92,1
ρ , кг/м ³	1 220	1 180	1 250	1 250	1 245

Примечание: В числителе приводятся значения показателей образцов, отвержденных по режиму 25 °C/240 ч., в знаменателе – по режиму 25 °C/72 ч. + 120 °C/3 ч. *Отвердитель ТЕТА.

Таблица 6 – Зависимость свойств эпоксидных полимеров от температуры испытания*

Показатели свойств	Марка смолы	Температура испытания, °C				
		–120	–60	20	80	150
σ_p , МПа	ЭДФМ-22	91,0	72,6	63,2	4,9	1,7
	ЭД-22	50,8	50,7	56,6	5,6	1,9
	ЭДФМ-25	105,6	89,1	64,2	8,9	1,8
ε_p , %	ЭДФМ-22	4,8	5,2	6,6	8	12,1
	ЭД-22	3,8	4,2	5,8	39,1	11,8
	ЭДФМ-25	6,2	6,4	6,5	47,9	14,8
E, ГПа	ЭДФМ-22	2,60	2,18	1,53	0,05	0,007
	ЭД-22	2,24	2,15	1,35	0,26	0,015
	ЭДФМ-25	2,01	1,78	1,56	0,46	0,012
$\sigma_{отс}$, МПа	ЭДФМ-22	53,2	22,8	0,8	–	–
	ЭД-22	52,6	26,3	0,8	–	–
	ЭДФМ-25	48,3	26,2	0,8	–	–
A _p , кДж/м ²	ЭДФМ-22	3,10	2,60	2,78	3,05	0,15
	ЭД-22	1,35	1,52	2,31	1,75	0,17
	ЭДФМ-25	4,51	3,99	2,90	2,98	0,20

*Примечание: Отвердитель УП-583 Т, режим отверждения 25 °C/24 ч. + 80 °C/6 ч.

ВЫВОДЫ

Установлена зависимость деформационно-прочностных и адгезионных свойств полимеров от концентрации эпоксидных групп в смоле, химической природы отвердителя и температурно-временного режима отверждения. Выявлен высокий уровень прочности при растяжении, деформации при разрыве и работы разрушения эпоксидных композитов на основе дифенилолметана при отрицательных температурах, что свидетельствует об их хорошей морозостойкости. Результаты проведенного исследования дают основание рекомендовать диглицидиловые эфиры дифенилолметана в качестве эпоксидной смолы для получения композиционных материалов с улучшенным комплексом технологических, механических и адгезионных свойств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мамот, И. Тройная защита [Текст] / И. Мамот // Строительство и реконструкция. – 2004. – № 7. – С. 24.
2. Падалка, Д. Индустриальный пол [Текст] / Д. Падалка // Строительство и реконструкция. – 2011. – № 8. – С. 21.
3. Шокал, А. Промышляем с полом [Текст] / А. Шокал // Строительство и реконструкция. – 2008. – № 5. – С. 22.

4. Маргайлик, Е. Применение пластбетонов для ремонта покрытий магистралей и мостов [Текст] / Е. Маргайлик // Строительство и недвижимость. – 2011. – № 12. – С. 15–21.
5. Черных, Д. С. Модифицированный цветной пластбетон для дорожного строительства [Текст] / Д. С. Черных, И. В. Мардиросова // Наука и технология в дорожной отрасли. – МАДИ ГТУ. – 2010. – № 4. – С. 24–27.
6. Черных, Д. С. Определение устойчивости к накоплению остаточных деформаций цветного полимербетона на комплексном полимерном вяжущем при воздействии динамических нагрузок [Текст] / Д. С. Черных, И. В. Мардиросова, Д. В. Задорожний // Дороги и мосты. – 2013. – № 30/2. – С. 288–293.
7. Новоселова, С. Н. Композиционный материал для восстановления монолитности блоков изделий из мрамора [Текст] / С. Н. Новоселова, Т. К. Углова, О. С. Татаринцева // Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях : материалы десятой Международной промышленной конференции (18–22 февраля 2010 г., п. Славское, Карпаты). – Киев : УИЦ «Наука. Техника. Технология». – 2010. – С. 3–5.
8. Малкин, А. Я. Методы измерения механических свойств полимеров [Текст] / А. Я. Малкин, А. А. Аскадский, В. В. Коврига. – М. : Химия, 1978. – 336 с.
9. Исследование ползучести линейных и сетчатых полимеров на основе полиарилатов и эпоксидных полимеров [Текст] / Ю. С. Кочергин, А. А. Аскадский, Г. Л. Слонимский [и др.] // Высокомолекулярные соединения. – 1978. – Т. А20, № 4. – С. 880–887.
10. Кочергин, Ю. С. Клеевые композиции на основе модифицированных эпоксидных смол [Текст] / Ю. С. Кочергин, Т. А. Кулик, Т. И. Григоренко // Пластические массы. – 2005. – № 10. – С. 9–16.
11. Бабаевский, П. Г. Трещиностойкость отвержденных полимерных композиций [Текст] / П. Г. Бабаевский, С. Г. Кулик. – М. : Химия, 1991. – 336 с.

Получено 05.12.2018

Ю. С. КОЧЕРГІН, В. В. ЗОЛОТАРЬОВА, Д. С. ШАТОХІНА ЕПОКСИДНІ КОМПЗИТИ НА ОСНОВІ ДИГЛІЦИДИЛОВИХ ЕФІРІВ ДИФЕНІЛОЛМЕТАНА

Державна організація вищої професійної освіти «Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського»

Анотація. Охарактеризовано основні фізико-хімічні властивості дигліцидилових ефірів на основі ізомерів, що становлять вихідний дифенілолметан. При різному співвідношенні вихідних ізомерів дифенілолметану з епіхлоргідрином синтезовані смоли з різним вмістом епоксидних груп. Встановлено залежність деформаційно-міцнісних і адгезійних властивостей полімерів від концентрації епоксидних груп в смолі, хімічної природи затверджувача і температурно-часового режиму затвердіння. Виявлено високий рівень міцності при розтягуванні, деформації при розриві і роботі руйнування епоксидних композитів, особливо при негативних температурах. За величиною удароміцності при знижених температурах композити на основі дифенілолметана значно перевершують матеріали на основі широко застосованих діанових смол.

Ключові слова: дигліцидилові ефіри дифенілолметану, епоксидна смола, затверджувач, час гелеутворення, температура склування, деформаційно-міцнісні, адгезійні властивості.

YURII KOCHERGIN, VICTORIA ZOLOTAREVA, DARIA SHATOHINA EPOXY COMPOSITES BASED ON DIPHENYLOLMETHANE DIGLYCIDYL ETHERS

State Organization of Higher Professional Education «Mikhail Turgan-Baranovsky Donetsk National University of Economics and Trade»

Abstract. The main physicochemical properties of diglycidyl esters based on isomers constituting the initial diphenylol methane are characterized. At different ratios of the initial isomers of diphenylol methane with epichlorohydrin, resins with different content of epoxy groups were synthesized. The dependence of the deformation-strength and adhesive properties of polymers on the concentration of epoxy groups in the resin, the chemical nature of the hardener and the temperature-time curing mode is established. It has been found out a high level of tensile strength, deformation at break and the work of the destruction of epoxy composites, especially at low temperatures. In magnitude of impact resistance at low temperatures, composites based on bisphenol F are significantly superior to materials based on widely used deane resin.

Key words: diglycidyl ethers of bisphenol F, epoxy resin, hardener, gel formation time, glass transition temperature, deformation and strength, adhesion properties.

Кочергин Юрий Сергеевич – доктор технических наук, профессор кафедры общетехнических дисциплин Государственной организации высшего профессионального образования «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского». Научные интересы: химия, технология, физико-механика полимерных и композиционных материалов.

Золотарева Виктория Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры товароведения и экспертизы непродовольственных товаров Государственной организации высшего профессионального образования «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского». Научные интересы: технология, физико-механика полимерных и композиционных материалов.

Шатохина Дарья Сергеевна – аспирант кафедры товароведения и экспертизы непродовольственных товаров Государственной организации высшего профессионального образования «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского». Научные интересы: технология, физико-механика полимерных и композиционных материалов.

Кочергін Юрій Сергійович – доктор технічних наук, професор кафедри загальноінженерних дисциплін Державної організації вищої професійної освіти «Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського». Наукові інтереси: хімія, технологія, фізико-механіка полімерних і композиційних матеріалів.

Золотарьова Вікторія Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри товарознавства та експертизи непродовольчих товарів Державної організації вищої професійної освіти «Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського». Наукові інтереси: технологія, фізико-механіка полімерних і композиційних матеріалів.

Шатохіна Дар'я Сергіївна – аспірант кафедри товарознавства та експертизи непродовольчих товарів Державної організації вищої професійної освіти Державної організації вищої професійної освіти «Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського». Наукові інтереси: технологія, фізико-механіка полімерних і композиційних матеріалів.

Kochergin Yuri – D. Sc. (Eng.), Professor, Commodity Research and Expertise of Non Foodstuff Department, State Organization of Higher Professional Education «Mikhail Turgan-Baranovsky Donetsk National University of Economics and Trade». Scientific interests: chemistry, technology, physics and mechanics of polymeric and composite materials.

Zolotareva Victoria – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Commodity Research and Expertise of Non Foodstuff Department, State Organization of Higher Professional Education «Mikhail Turgan-Baranovsky Donetsk National University of Economics and Trade». Scientific interests: technology, physics and mechanics of polymeric and composite materials.

Shatohina Daria – graduate student, Commodity Research and Expertise of Non Foodstuff Department, State Organization of Higher Professional Education «Mikhail Turgan-Baranovsky Donetsk National University of Economics and Trade». Scientific interests: technology, physics and mechanics of polymeric and composite materials.