

2. Система класифікації по довготривалості впливу навантажень, що використовується в нових нормах [1], дає можливість більш детального врахування впливу виду навантаження на міцнісні характеристики дерев'яних конструкцій.

1. ДБН В.2.6-161:2010 «Дерев'яні конструкції. Основні положення».
2. СНиП II-25-80 «Дерев'яні конструкції. Норми проектування».
3. Иванов В.Ф. Конструкции из дерева и пластмасс. – Стройиздат, 1966. – 353 с.
4. Уголев Б.Н. Деформативность древесины и напряжения при сушке. – М., 1971. – 174 с.
5. Соколовський Я.І., Поберейко Б.П. Дослідження короткочасної міцності деревини зі сталим вологовмістом // Вісник національного університету «Львівська політехніка» №588. Динаміка, міцність та проектування машин і приладів, 2007. – С. 71-76.

*Получено 14.12.2012*

УДК 699.842:691.175

Ю.В.ПОПОВ, канд. техн. наук, А.В.СКРИПИНЕЦ, Р.А.БЫКОВ, канд. техн. наук, Е.С.БАРАБАШ

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ АДГЕЗИОННО-ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ВИБРОПОГЛОЩАЮЩИХ ЭПОКСИУРЕТАНОВЫХ ПОЛИМЕРОВ**

Рассмотрены адгезионно-прочностные свойства эпоксиуретановых покрытий на основе эпосидного, эпосикремнийорганического и олигоэфирциклокарбонатного олигомера, предназначенные для виброзащиты металлических изделий. Установлено, что с увеличением доли эпосидных олигомеров в смеси с олигоэфирциклокарбонатом наблюдается увеличение адгезионной прочности.

Розглянуто адгезійно-міцнісні властивості епоксиуретанових покриттів на основі епоксидного, епоксикремнійорганічного і олигоефірциклокарбонатного олигомерів, призначені для віброзахисту металевих виробів. Встановлено, що із збільшенням вмісту епоксидних олигомерів в суміші з олигоефірциклокарбонатом спостерігається збільшення адгезійної міцності.

Considered the adhesion-strength properties of epoxyurethane coatings on the basis of epoxy, epoxy silicon and oligoester of cyclo-carb oligomers designed for vibration protection of metal products. It is established that an increase in the proportion of epoxy oligomers into the blend with oligoester of cyclo-carb is an increase of adhesive strength.

*Ключевые слова:* эпоксиуретановый полимер, олигоэфирциклокарбонат, адгезионно-прочностные характеристики, краевой угол смачивания, прочность при ударе, эластичность покрытия при изгибе, модуль высокоэластичности.

Вибропоглощающие полимерные материалы наряду с хорошими диссипативными свойствами должны обладать достаточными технологическими свойствами, высокой адгезионной прочностью и хорошими физико-механическими характеристиками.

Модификация полимеров реакционноспособными олигомерами является одним из наиболее перспективных направлений при создании полимерных композиционных материалов с заданными свойствами [1].

Эпоксиуретановые полимеры, благодаря комплексу ценных свойств – высокой адгезией, хорошими физико-механическими и диссипативными свойствами – широко используются в различных отраслях промышленности.

Показано, что модификация эпоксидианового олигомера трехфункциональным олигоэфирциклокарбонатом (ОЦК) способствует улучшению адгезионно-прочностных характеристик [2]. Эти вопросы были исследованы для смесевых систем с долей олигоэфирциклокарбоната от 10 до 40 масс. %. Для отверждающихся смесевых систем с большим содержанием олигоэфирциклокарбоната вопросы модификации эпоксидных полимеров рассмотрены недостаточно.

Целью данной работы являлось изучение влияния модифицирующих эпоксидных олигомеров в смеси с олигоэфирциклокарбонатом на адгезионно-прочностные и физико-механические свойства сетчатых эпоксиуретановых полимеров.

*Методика эксперимента.* В качестве объектов исследования были выбраны трехфункциональный олигоэфирциклокарбонат на основе окиси пропилена (содержание циклокарбонатных групп – 27,1% и эпоксидных групп – 2,17%) и модифицирующие эпоксидные олигомеры марки ЭД-20 (содержание эпоксидных групп – 21,8 %), и Т-111 (содержание эпоксидных групп – 13%, кремния – 2%). Композиции отверждали аминными отвердителями полиэтиленполиамином (ПЭПА) и диэтилентриамином (ДЭТА) при температуре 298К в течение 14 суток.

Для определения поверхностного натяжения на границе «жидкость-твердое тело» использовали метод измерения краевого угла смачивания. Краевой угол смачивания определяли по параметрам малой капли, лежащей на плоскости [3].

Адгезионную прочность при отрыве определяли в соответствии с ГОСТ 14759-69 методом равномерного отрыва [4], ударную прочность покрытий согласно ГОСТ 4765-73 [5] и эластичность покрытия при изгибе согласно ГОСТ 6806-73 [6].

Модуль высокоэластичности ( $E_{вс}$ ) исследованных полимеров определяли при одноосном сжатии при температуре, превышающей температуру стеклования на 50 градусов [7].

Результаты исследования влияния соотношения различных эпоксидных олигомеров и ОЦК на физико-механические характеристики отвержденных сетчатых эпоксиуретановых композиций представлены в таблице.

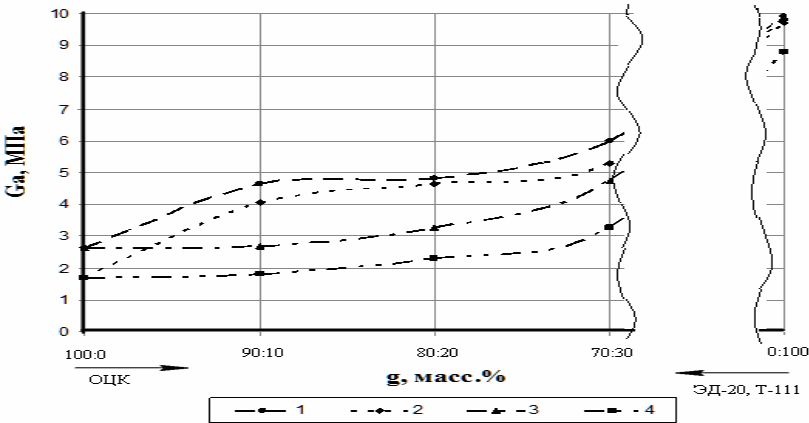
Физико-механические свойства эпоксиуретановых композиций

Состав композиции, масс. %	Модуль высокоэластичности, МПа	Краевой угол смачивания $\theta$ град.		Прочность при ударе, см	Эластичность покрытия при изгибе, мм
		Сталь 3	Стекло		
ОЦК (100)	<u>2,5</u>	<u>61</u>	<u>60</u>	<u>50</u>	<u>1</u>
	1,2	64	61	50	1
Т-111 (100)	<u>12,2</u>	<u>78</u>	<u>74</u>	<u>5</u>	<u>20</u>
	10,9	79	75	5	20
ЭД-20 (100)	<u>13,4</u>	<u>74</u>	<u>70</u>	<u>5</u>	<u>20</u>
	13,3	75	72	5	20
ЭД-20:ОЦК	<u>3,37</u>	<u>66</u>	<u>64</u>	<u>50</u>	<u>1</u>
	10:90	2,6	67	65	50
20:80	<u>3,5</u>	<u>72</u>	<u>66</u>	<u>50</u>	<u>1</u>
	3,2	72	67	50	1
30:70	<u>4,5</u>	<u>73</u>	<u>68</u>	<u>30</u>	<u>1</u>
	4,4	72	70	45	1
Т-111:ОЦК	<u>3,0</u>	<u>70</u>	<u>68</u>	<u>50</u>	<u>1</u>
	10:90	2,3	73	70	50
20:80	<u>3,1</u>	<u>73</u>	<u>70</u>	<u>50</u>	<u>1</u>
	2,5	75	72	40	1
30:70	<u>3,47</u>	<u>77</u>	<u>74</u>	<u>30</u>	<u>1</u>
	2,8	78	75	25	1

*Примечание:* в числителе – композиции отвержденные ДЭТА; в знаменателе – отвержденные ПЭПА.

Изучена смачивающая способность эпоксиуретановых композиций к стали (Ст3) и алюмоборосиликатному стеклу при температуре 298К (таблица). Из полученных данных видно, что лучшая смачивающая способность характерна для чистого олигоэфирциклокарбоната. При введении оксидного или оксикремнийорганического олигомеров в смесь ОЦК наблюдается увеличение краевого угла смачивания, что, очевидно, связано с их большей исходной вязкостью (9,5 Па·с) по сравнению с вязкостью ОЦК (2,1 Па·с). Однако это изменение является не значительным. Необходимо отметить, что смачивающая способность к Ст3 хуже, чем к алюмоборосиликатному стеклу для всех исследуемых композиций. Из таблицы видно, что эпоксиуретановые системы, отверждаемые ДЭТА, характеризуются лучшей смачивающей способностью по сравнению с композициями, отверждаемые ПЭПА, что является предпосылкой к формированию более прочного адгезионного соединения.

Влияние соотношения реакционноспособных оксидных олигомеров и ОЦК на адгезионно-прочностные характеристики эпоксиуретановых полимеров приведены на рисунке.



Влияние эпоксидных олигомеров в смеси ОЦК и типа отвердителя на адгезионную прочность эпоксиуретановых полимеров: ЭД 20:ОЦК (1), Т-111:ОЦК(3), отвержденных ДЭТА и ЭД-20:ОЦК (2), Т-111:ОЦК (4), отвержденных ПЭПА

Результаты испытаний на адгезионную прочность, представленные на рисунке и в таблице, показали, что разрушение клеевого соединения для чистого ОЦК и смесевых композиций с долей эпоксидного олигомера в смеси с ОЦК с 10:90 до 30:70 масс. % носит, в основном, когезионный характер. Это обусловлено тем, что данные полимерные материалы при температуре 298К находятся в высокоэластичном состоянии и обладают более низкими значениями модуля высокоэластичности. С увеличением содержания ЭД-20 и Т-111 до 30 масс. % в смеси с ОЦК модуль высокоэластичности возрастает с одновременным увеличением адгезионной прочности на 55% и 48% соответственно. Это связано с тем, что эпоксиуретановая композиция обогащается более жестким компонентом, что способствует образованию сетки более сильных межмолекулярных взаимодействий. Для полимера на основе чистого ЭД-20 и Т-111, которые находятся в стеклообразном состоянии при температуре испытания, характер разрушения, в большей мере, носит адгезионный характер. Также видно, что величина адгезионной прочности и модуля высокоэластичности полимера на основе бифункционального эпоксидианового олигомера ЭД-20 имеет большее значение по сравнению с полимером на основе эпоксикремнийорганического олигомера Т-111, что, по-видимому, связано с наличием в олигомере Т-111 эластичных органосилоксановых групп.

Использование в качестве отвердителя диэтилентриамин в композициях, позволяет несколько повысить значение  $E_{вс}$  и адгезионную прочность полимера по сравнению с композициями, отверждаемые полиэтиленполиамином.

В результате испытаний на ударную прочность (таблица) установлено, что для полимера на основе чистого ОЦК и эпоксиуретановых полимеров с долей ЭД-20 и Т-111 до 20 масс. % наблюдается высокая ударная прочность (50 см). Введение 30 масс.% эпоксидного и эпоксикремнийорганического олигомеров в смесь ОЦК приводит к снижению ударной прочности полимеров в 1,6 раза, что связано с увеличением модуля высокоэластичности эпоксиуретановых полимеров.

При исследовании покрытий на эластичность при изгибе установлено, что все смесевые композиции эпоксидных олигомеров с ОЦК обладают повышенной эластичностью в отличие от полимеров на основе чистого ЭД-20 и Т-111, где эластичность при изгибе составляет 20 мм, что свидетельствует о повышении хрупкости полимера (таблица).

Таким образом, в результате комплексных исследований показано, что эпоксиуретановые полимеры, как вибропоглощающие материалы, обладают хорошими физико-механическими свойствами, высокой адгезионной прочностью к металлам и отличаются хорошими диссипативными свойствами, поэтому могут быть использованы для снижения уровня шума и вибрации тонкостенных строительных металлических конструкций.

1. Омельченко С.И. Модифицированные полиуретаны / С.И. Омельченко, Т.И. Кадурин. – Киев: Наук. думка, 1983. – 228 с.

2. Филиппович А.Ю. Особенности модификации эпоксидных полимеров олигоциклокарбонатами / А.Ю. Филиппович, С.Н. Остапюк, Н.А. Бусько, В.К. Грищенко, А.В. Баранцова // Полимерный журнал. – 2009. – Т.31, №3. – С. 251-255.

3. Путилов Н.Н. Руководство к практическим занятиям по коллоидной химии / Н.Н. Путилов. – М.: Госхимиздат, 1952. – 298 с.

4. ГОСТ 14760-69 «Метод определения прочности при отрыве». Клеи. – М.: Государственный стандарт СССР, 1969. – 7 с.

5. ГОСТ 4765-73 «Метод определения прочности при ударе». Материалы лакокрасочные. – М.: Государственный стандарт СССР, 1973. – 6 с.

6. ГОСТ 6806-73 «Метод определения эластичности пленки при изгибе». Материалы лакокрасочные. – М.: Государственный стандарт СССР, 1973. – 6 с.

7. Парамонов Ю.М. Термомеханический анализ трехмерных эпоксиполимеров / Ю.М. Парамонов, Д.С. Васьевко, В.Н. Артемов, М.К. Пактер // Реакционноспособные олигомеры, полимеры и материалы на их основе. – М.: НИИТЭХИМ. – 1981. – С. 37-45.

*Получено 11.10.2012*