

Российская академия наук  
 Национальная академия наук Республики Казахстан  
 Министерство образования и науки Российской Федерации  
 Министерство образования и науки Республики Казахстан  
 Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны,  
 чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий  
 Министерство внутренних дел Республики Казахстан  
 Казахский национальный университет имени аль-Фараби  
 Научно-исследовательский институт проблем горения Республики Казахстан  
 ФГБУН Институт химической физики им. П.И. Семенова РАН  
 ФГБОУ ВО Волгоградский государственный технический университет  
 ФГБОУ ВО Академия Государственной противопожарной службы МЧС России  
 ФГБОУ ВО Национальный исследовательский Московский Государственный  
 строительный университет  
 Кокшетауский технический институт КЧС МВД Республики Казахстан



**СБОРНИК**  
**материалов VIII Международной конференции**  
**«Полимерные материалы пониженной горючести»**  
**памяти академика Жубанова Булата Ахметовича**



Алматы, 2017



УДК 678  
ББК 35.71  
П 49

**Полимерные материалы пониженной горючести.** Материалы VIII международной конференции 5-10 июня 2017 г. Алматы: Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, 2017 г. 292 с.

**Редакционная коллегия:** академик РАН Берлин А.А. (главный редактор), д.х.н., профессор Мансуров З.А. (заместитель главного редактора), д.т.н., доцент Сивенков А.Б., д.х.н., профессор Мун Г.А., д.х.н., профессор Туленов М.Н., д.х.н., доцент Онгарбаев Е.К., д.т.н., доцент Тужиков О.О., к.х.н., доцент Есжанова П.Р., к.т.н. Кобелев А.А., к.ф.-м.н. Раимбеков К.Ж., к.т.н. Альменбаев М.М., к.т.н. Макишев Ж.К.

В настоящем сборнике содержатся материалы международной конференции «Полимерные материалы пониженной горючести», посвященной памяти основоположника химии высокомолекулярных соединений в Казахстане, заслуженного деятеля науки Республики Казахстан, лауреата Государственной премии Республики Казахстан в области науки и техники, доктора химических наук, профессора, академика НАН Республики Казахстан Жубанова Булата Ахметовича. Его работы внесли огромный вклад в развитие теории поликонденсационных процессов и разработку новых термостойких и огнестойких полимеров.

Конференция организована и проведена Казахским национальным университетом имени аль-Фараби, научно-исследовательским Институтом проблем горения Республики Казахстан, ФГБУН Институт химической физики им. П.Н. Симонова РАН, ФГБОУ ВО Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, ФГБОУ ВО Национальный исследовательский Московский Государственный строительный университет и Кокшетауский технический институт МЧС МВД Республики Казахстан.

В докладах отражены вопросы современного состояния исследований и разработки полимерных материалов пониженной горючести и определены перспективы их развития на ближайшие годы.

ISBN 978-601-7582-04-03

## Содержание

<i>Е.Е. Ергожин, М.Б. Умерзакова, И.И. Никитина</i> АКАДЕМИК НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН Б.А. ЖУБАНОВ И ЕГО ОСНОВНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ .....	10
<b>Б.А. Жубанов, В.Д. Кравцова, М.Б. Умерзакова, Р.Б. Сариева, О.А. Алмабеков</b> НОВЫЕ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИЕ ПОЛНИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИИ.....	17
<i>А.А. Берлин</i> ПУТИ СНИЖЕНИЯ ГОРЮЧЕСТИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	21
<i>А.А. Берлин, С.К. Кенжесхан, А.Б. Сивенков, Ф.А. Шуртов</i> СНИЖЕНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ОГРАЖДАЮЩИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ГАЗОНАПОЛНЕННЫМИ ПОЛИМЕРНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ ..	26
<i>Б.Я. Колесников, З.А. Мансуров</i> ГОРЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ.....	29
<i>В.Т.Ефремов, З.А.Тейман, Е.В.Анцупов, Ф.Х.Хабибуллин</i> ТОНКОСЛОЙНЫЕ ОГНЕЗАЩИТНЫЕ ВСПЕНИВАЮЩИЕСЯ ПОКРЫТИЯ: ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ ИХ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН.....	40
<i>В.Т.Ефремов, З.А.Тейман, Ф.Х.Хабибуллин</i> ВЛИЯНИЕ СОЕДИНЕНИЙ МЕТАЛЛОВ ПЕРЕМЕННОЙ ВАЛЕНТНОСТИ НА ПРОЦЕССЫ КАРБОНИЗАЦИИ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ВСПЕНИВАЮЩИХСЯ ПОКРЫТИЙ.....	44
<i>Е.А. Анохин, Р.А. Емельянов, Е.Ю. Полищук, А.Б. Сивенков, А.В. Третьяков</i> ПРИМЕНЕНИЕ ОГНЕБИЗОЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛИТЕЛЬНОГО СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	54
<i>Н.Ю. Семенкова, Е.Н. Алексеева, Н.Ю. Рускол, Е.В. Соколюк, А.Р. Долотко, К.С. Попова, Ю.А. Васюхина, Г.О. Петросян</i> СИЛИКОНОВЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОЛИМЕРЫ И МАТЕРИАЛЫ НА ИХ ОСНОВЕ.....	58
<i>С.В. Борисов, А.Б. Кочнов, М.А. Ваниев, И.А. Новаков</i> РАЗРАБОТКА И ИЗУЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКИ ПРОЗРАЧНЫХ СОПОЛИМЕРОВ ПОНИЖЕННОЙ ГОРЮЧЕСТИ НА ОСНОВЕ ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ МЕТАКРИЛАТНЫХ СИСТЕМ.....	61
<i>Б.А. Бураков, Е.С. Бочкарев, Р.Б. Гаджиев, О.О. Тужиков, О.И. Тужиков</i> ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИИ С ПОНИЖЕННОЙ ГОРЮЧЕСТЬЮ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИПОЛИМЕРОВ .....	63
<i>Р.М. Асеева, Е.А. Анохин, Е.Ю. Полищук, Б.Б. Серков, А.Б. Сивенков, С.Б. Сивенков</i> ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ОГРАЖДАЮЩИХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛИТЕЛЬНОГО СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	65

<i>Е.Ю. Круглов, Р.М. Асеева, Б.Б. Серков, А.Б. Сивенков</i> МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСЧЕТА ОГНЕСТОЙКОСТИ ОГРАЖДАЮЩЕЙ ДЕРЕВЯННОЙ КОНСТРУКЦИИ С ПОЛИМЕРНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЕЙ.....	71
<i>А.А. Кобелев, Е.Ю. Круглов, Р.М. Асеева, Ф.А. Шутков</i> ТЕРМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ПОЛИМЕРНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ПОНИЖЕННОЙ ГОРЮЧЕСТИ.....	76
<i>Ю.В. Антипов, А.А. Кульков, Б.А. Мурашов, К.Н. Гусев</i> ТРУДНОГОРЮЧИЕ СТЕКЛОПЛАСТИКИ, ИЗГОТОВЛИВАЕМЫЕ МЕТОДАМИ НАМОТКИ И ПРЕССОВАНИЯ.....	82
<i>И.М. Барбин, Д.Н. Терентьев, С.Г. Алексеев</i> ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ДОБАВОК В ПОЛИМЕРЫ ПРИ НАГРЕВЕ В АТМОСФЕРЕ ВОДЯНОГО ПАРА.....	83
<i>В.В. Богданова, О.Н. Кобец, М.М. Тихонов</i> ФАКТОРЫ, ОКАЗЫВАЮЩИЕ ДОМИНИРУЮЩЕ ВЛИЯНИЕ НА ПРЕКРАЩЕНИЕ ГОРЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ.....	85
<i>В.В. Богданова, О.Н. Кобец, О.Н. Бурая, И.Ю. Иванов</i> РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТЕРМОВСПЕШИВАЕМЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	89
<i>А.И. Гаращенко, А.А. Кульков</i> СПОСОБЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБУЕМЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ .....	92
<i>А.И. Гаращенко, А.В. Теплоухов</i> ВЛИЯНИЕ СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ НА СВОЙСТВА ВСТУПАЮЩИХСЯ ПОКРЫТИЙ И ПРЕДЕЛЫ ОГНЕСТОЙКОСТИ ЗАЩИЩАЕМЫХ ИМИ КОНСТРУКЦИЙ НА ПРИМЕРЕ СОСТАВА СТК-2.....	93
<i>Т.Ю. Еремينا, И.И. Константинова, М.И. Григорьева</i> ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ДЫМООБРАЗУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ НАПОЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ .....	94
<i>А.М. Гумеров, И.М. Давлетбаева, И.И. Зарипов, М.И. Каюмов</i> ТЕРМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ КООРДИНАЦИОННО-СВЯЗАННЫХ АРОМАТИЧЕСКИХ ПОЛИУРЕТАНОВ КАРКАСНОЙ СТРУКТУРЫ.....	98
<i>Ю.М. Данченко, В.А. Андронов, Т.И. Обижженко, Н.В. Саенко, В.В. Демешок</i> ОГНЕЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫЕ ЭПОКСИПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И ДЕРЕВЯННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	99
<i>Ю.М. Евтушенко, Т.А. Рудакова, Ю.А. Григорьев, А.Н. Озерин</i> МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПОЛИЭТИЛЕНА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ ПАНООРГАНОГЛИНОЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТРУДНОГОРЮЧЕГО МАТРИЧНОГО НАНОКОМПОЗИТА.....	104

разложении в токе кислорода приходится на 500 °С, а его максимум на 550 °С. Наблюдаемый характер термоокислительной деструкции можно объяснить тем, что ароматический каркас берет на себя основную тепловую нагрузку, замедляя, таким образом, термоокислительное разрушение гибкоцепной составляющей. По-видимому, этим обстоятельством объясняется высокий коксовый остаток, достигающий 23 % при термической деструкции в токе азота. Образцы, полученные с использованием МК в области относительно небольшого его содержания, не ухудшают термической стабильности МКАНУ, увеличение же содержания МК до 20 % приводит к снижению термической стабильности МКАНУ.

#### Литература

1. Mitrofanova S.F., Bakirova I.N., Zenitova L.A. // Russian Journal of Applied Chemistry, 2009, V. 82, № 9, P. 1630.
2. I.M. Davletbaeva, I.I. Zaripov, R.R. Karimullin, A.M. Gumerov, R.S. Davletbaev, G.V. Burmakina // Polymer Science, Series B, 59 (1), (2017), 57-67.

### Огнезащитно-декоративные эпоксиолимерные композиционные материалы для металлических и деревянных строительных конструкций

Ю.М. Данченко<sup>1</sup>, В.А. Андронов<sup>2</sup>, Т.Н. Обиженко<sup>1</sup>,  
Н.В. Саенко<sup>1</sup>, В.В. Демешок<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

<sup>2</sup>Национальный университет гражданской защиты Украины

<sup>3</sup>Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля

Национального университета гражданской защиты Украины

E-mail: u.danchenko@ukr.net

Для снижения огнеопасности сооружений и конструкций в строительстве в качестве огнезащитно-декоративных материалов широко используются модифицированные олигомер-олигомерные эпоксиаминные двухкомпонентные композиции, содержащие неорганические антипирены и наполнители. На практике они могут реализоваться в качестве покрытий и мастик, которые легко наносятся и твердеют непосредственно на металлических и деревянных поверхностях конструкций любой формы, а также в виде отделочных плит для облицовки. От других аналогичных материалов их отличает высокая адгезия, экологичность (отсутствие огнеопасных растворителей и токсичных неорганических добавок), долговечность, стойкость к водным растворам электролитов,

декоративность, механическая прочность, способность твердеть без дополнительных источников энергии. Физико-химическая модификация осуществляется с целью обеспечения достаточных технологических, огнезащитных и других специальных (биостойкости, эластичности, стойкости к действию различных агрессивных сред и др.) свойств эпоксиполимеров.

Для создания огнезащитно-декоративных эпоксиполимерных композиционных материалов строительного назначения в исследовании не использовались олигомер-олигомерные композиции на основе смесей эпоксидианового (марки ЭД-20), эпоксиброманилинового (марки УП-645), олигоэфиртриэпоксидного (марки Лапроксид-503) и олигоэфиртрициклокарбонатного (марки Лапролат-803). Отвердителями служили алифатические амины полиэтиленполиамин (марки ПЭПА) и моноциангидридэтилентриамин (марки УП-0633М).

Для обеспечения огнезащитных свойств, применялись антипирены содержащие фосфор и азот – моноаммонийфосфат (МАФ) с молекулярной формулой  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ , размером частиц 50-63 мкм, плотностью  $1800 \text{ кг/м}^3$ , а также полиаммонийфосфат (ПАФ) с молекулярной формулой  $(\text{NH}_4\text{PO}_3)_n$ , размером частиц около 10 мкм, плотностью  $1900 \text{ кг/м}^3$ .

С целью улучшения эксплуатационных свойств и для обеспечения специальных характеристик в композицию вводились воздушно-сухие дисперсные минеральные наполнители различного полиминерального состава на основе  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{TiO}_2$  с размером частиц 50-63 мкм [1]. Составы разработанных материалов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Составы эпоксиполимерных композиционных материалов

1	2	3	4
ЭД-20	ЭД-20	ЭД-20	ЭД-20
УП-645	Лапроксид-503	Лапролат-803	Лапролат-803
Лапроксид-503	УПМ-0633М	УП-0633М	ПЭПА
УПМ-0633М	МАФ	МАФ	ПАФ
наполнитель	наполнитель	наполнитель	наполнитель

Оценка огнезащитных свойств эпоксиполимеров проводилась по стандартным методикам для полимеров (ГОСТ 12.1.044, ГОСТ 10456). Определялись показатели кислородного индекса (КИ), индекс распространения пламени по поверхности (ИРП), температура самовоспламенения ( $T_c$ ), температура воспламенения ( $T_v$ ), коэффициент дымообразования при горении ( $K_d$ ), качественный показатель жаростойкости по Шрамму и Цебровскому (R). Полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2. Огнезащитные свойства эпоксиполимерных материалов

Состав композиции	КН, %	НРН	$T_c, ^\circ\text{C}$	$T_w, ^\circ\text{C}$	R	$K_d, \text{м}^2/\text{кг}$
1	22-30	8	515	285	-	823
2	20-26	-	-	-	-	974
3	25-38	9	753	588	3	744
4	23-26	-	-	-	4	-

В соответствии с ГОСТ 16363 были проведены исследования по эффективности использования эпоксиполимерных материалов для огнезащиты древесины. Установлено, что их применение позволяет получить древесину с группой горючести Г1 (трудногорючая) и Г2 (трудновоспламеняемая).

Оценка эксплуатационных свойств исследуемых эпоксиполимеров осуществлялась по некоторым традиционным показателям: разрушающему напряжению при изгибе по Динстату ( $\sigma_{из}$ ) (ГОСТ 17036), ударной вязкости по Динстату (a) (ГОСТ 4647), стойкости к действию химических сред (коэффициенту диффузии жидких сред в полимер  $K_d$ ) (ГОСТ 12020), адгезионной прочности при равномерном отрыве от стали ( $\sigma_{отр}$ ) (ГОСТ 14760). Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3. Эксплуатационные свойства эпоксиполимерных материалов

Состав композиции	$\sigma_{из}, \text{МПа}$	$\sigma_{отр}, \text{МПа}$	$K_d, \text{H}_2\text{O} \cdot 10^8, \text{см}^2/\text{с}$	$K_d, \text{H}_2\text{SO}_4(10\%a) \cdot 10^8, \text{см}^2/\text{с}$	a, кДж м <sup>-2</sup>
1	72-84	20-24	0,38-2,4	0,19-1,8	7-9
2	60-72	6-12	0,43-0,99	0,43-0,84	2-3
3	110-145	22-28	0,24-0,63	-	12-18
4	85-100	15-25	0,12-0,45	-	10

В результате проведенных исследований разработаны составы эпоксиполимерных композиционных материалов строительного назначения, огнезащитные и эксплуатационные свойства которых регулируются природой и соотношением эпоксидных олигомеров, аминных алифатических отвердителей, а также неорганических агглюриронов и наполнителей.

При определении огнезащитной эффективности, по заданным теплофизическим характеристикам материалов, рассчитывались температурные данные сечений огнезащищенных стальных колонн с соответствующей приведенной толщиной (с различными коэффициентами сечения, определяемыми по формуле  $A/V_m$  *периметр · обгораемой · поверхности* ) и проектной огнестойкостью R30, R45, *площадь · поперечного · сечения*

R60, R90, R120, R150 (в соответствии с Национальным стандартом Украины ДБН В.1.1-7-2002). Были рассмотрены два типа огнезащиты двутаврового сечения стальной колонны с четырехсторонним обогревом – профильный (в виде покрытий) и коробчатый (в виде облицовки). Теплофизические характеристики материалов, используемые для расчетов, приведены в таблице 4.

Таблица 4. Теплофизические характеристики материалов

Коэффициент теплопроводности, $\lambda(\theta)$ , Вт/(м·°С)	Удельная объемная теплоемкость, $c_p(\theta)\rho$ , Дж/(м <sup>3</sup> ·°С)	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
Огнезащитный эпоксиполимерный материал (состав 4 по табл. 1)		
0,35	1150	1355
Сталь ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2012 Eurocode 3		
54 – $3,33 \cdot 10^{-2} \theta$ при $20^\circ\text{C} < \theta < 800^\circ\text{C}$ , 27,3 при $\theta > 800^\circ\text{C}$ .	$425 + 0,773\theta - 1,69 \cdot 10^{-2}\theta^2 - 2,22 \cdot 10^{-6}\theta^3$ при $20^\circ\text{C} < \theta < 600^\circ\text{C}$ , 666 – $13002(\theta - 738)$ при $600^\circ\text{C} < \theta < 735^\circ\text{C}$ , 545 + $17820(\theta - 731)$ при $735^\circ\text{C} < \theta < 900^\circ\text{C}$ , 650 при $900^\circ\text{C} < \theta < 1200^\circ\text{C}$	7850

Для изучения распределения температуры по сечению стальных колонн с огнезащитой, при влиянии на них пожара со стандартным температурным режимом, была использована упрощенная математическая модель и расчетная методика, основанная на решении уравнения нестационарной теплопроводности вида:

$$c_p(\theta)\rho(\theta)\frac{\partial\theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda(\theta)\frac{\partial\theta}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\lambda(\theta)\frac{\partial\theta}{\partial y}\right),$$

где  $\theta$  – температура, °С;  $t$  – время, с;  $\rho(\theta)$  – плотность материала, кг/м<sup>3</sup>;  $c_p(\theta)$  – удельная теплоемкость материала, Дж/(кг·°С);  $\lambda(\theta)$  – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м·°С).

Решение этого уравнения осуществлялось методом конечных разниц, для реализации которого использовался интегро-интерполяционный метод. Это позволило рассмотреть уравнение нестационарной теплопроводности в линеаризованном виде.

В результате проведенных расчетов были определены закономерности изменения средней температуры в сечении элементов стальных колонн с разной приведенной толщиной и разной толщиной огнезащитного материала в зависимости от времени влияния пожара со стандартным температурным режимом. На основе полученных данных были составлены таблицы проектной толщины огнезащитных материалов