

ВЕСТНИК

ДОНБАССКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ



ВЫПУСК 2019-1(135)

**СОВРЕМЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ**

ГОУ ВПО “Донбасская национальная академия
строительства и архитектуры”

ВЕСТНИК

**Донбасской национальной академии
строительства и архитектуры**

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Издается с декабря 1995 года
Выходит 8 раз в год

Выпуск 2019-1(135)

**СОВРЕМЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ**

Макеевка 2019

ДООУ ВПО “Донбаська національна академія
будівництва і архітектури”

ВІСНИК

**Донбаської національної академії
будівництва і архітектури**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Видається з грудня 1995 року
Виходить 8 разів на рік

Випуск 2019-1(135)

**СУЧАСНІ
БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ**

Макіївка 2019

Основатель и издатель

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Свидетельство о регистрации средства массовой информации серия ААА № 000094

выдано 17.01.2017 г. Министерством информации ДНР

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за достоверность приведенных сведений, точность данных по цитируемой литературе и за использование в статьях данных, не подлежащих открытой публикации.

В случае использования материалов ссылка на «Вестник ДонНАСА» является обязательной.

Выпускается по решению ученого совета

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Протокол № 5 от 28.01.2019

Редакционный совет:

Горохов Е. В., д. т. н., профессор – главный редактор;

Мущанов В. Ф., д. т. н., профессор – зам. гл. редактора (научный редактор);

Югов А. М., д. т. н., профессор – технический редактор;

Братчун В. И., д. т. н., профессор – ответственный редактор выпуска.

Редакционная коллегия:

Александров В. Д., д. х. н., профессор;

Братчун В. И., д. т. н., профессор;

Горохов Е. В., д. т. н., профессор;

Ефремов А. Н., д. т. н., профессор;

Зайченко Н. М., д. т. н., профессор;

Левин В. М., д. т. н., профессор;

Лобов М. И., д. т. н., профессор;

Любомирский Н. В., д. т. н., профессор;

Мущанов В. Ф., д. т. н., профессор;

Петраков А. А., д. т. н., профессор;

Югов А. М., д. т. н., профессор;

Ядыкина В. В., д. т. н., профессор.

Корректоры Л. М. Лещенко, Е. В. Гнездилова

Программное обеспечение С. В. Гавенко

Компьютерная верстка Е. А. Солодкова

Подписано к выпуску 18.02.2019

Адрес редакции и издателя

86123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2,

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Телефоны: +38(062) 343-7033; +38(062) 343-7028

E-mail: vestnik@donnasa.ru, <http://vestnik.donnasa.ru>

Приказом МОН ДНР № 464 от 02.05.2017 г. журнал включен в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук

Выпущено в полиграфическом центре

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

86123, ДНР, г. Макеевка, ул. Державина, 2

© ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 2019

Засновник і видавець

ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»
Свідоцтво про реєстрацію засобу масової інформації серія ААА № 000094
видано 17.01.2017 р. Міністерством інформації ДНР

Автори надрукованих матеріалів несуть відповідальність за вірогідність наведених відомостей, точність даних за цитованою літературою і за використання в статтях даних, що не підлягають відкритій публікації.

У випадку використання матеріалів посилання на «Вісник ДонНАБА» є обов'язковим.

Випускається за рішенням Вченої ради
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»
Протокол № 5 від 28.01.2019

Редакційна рада:

Горохов Є. В., д. т. н., професор – головний редактор;
Мущанов В. П., д. т. н., професор – заст. гол. редактора (науковий редактор);
Югов А. М., д. т. н., професор – технічний редактор;
Братчун В. І., д. т. н., професор – відповідальний редактор випуску.

Редакційна колегія:

Александров В. Д., д. х. н., професор;	Лобов М. І., д. т. н., професор;
Братчун В. І., д. т. н., професор;	Любомирський М. В., д. т. н., професор;
Горохов Є. В., д. т. н., професор;	Мущанов В. П., д. т. н., професор;
Єфремов О. М., д. т. н., професор;	Петраков О. О., д. т. н., професор;
Зайченко М. М., д. т. н., професор;	Югов А. М., д. т. н., професор;
Левін В. М., д. т. н., професор;	Ядிகіна В. В., д. т. н., професор.

Коректори Л. М. Лещенко, О. В. Гнездилова
Програмне забезпечення С. В. Гавенко
Комп'ютерне верстання Є. А. Солодкова

Підписано до випуску 18.02.2019

Адреса редакції і видавця

86123, ДНР, м. Макіївка, вул. Державіна, 2,
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»
Телефони: +38(062) 343-7033; +38(062) 343-7028
E-mail: vestnik@donnasa.ru, <http://vestnik.donnasa.ru>

Наказом МОН ДНР № 464 від 02.05.2017 р. журнал включено до переліку рецензованих наукових видань, в яких повинні бути опубліковані основні наукові результати дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата наук, на здобуття наукового ступеня доктора наук

Випущено у поліграфічному центрі
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»
86123, ДНР, м. Макіївка, вул. Державіна, 2

© ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», 2019

УДК 625.855.3

**В. И. БРАТЧУН^а, В. В. ЯДЫКИНА^б, В. Л. БЕСПАЛОВ^а, Е. А. РОМАСЮК^а, В. П. ДЕМЕШКИН^а,
О. А. ПШЕНИЧНЫХ^а**^а ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,^б ФГБОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова»

О СДВИГОУСТОЙЧИВОСТИ КОМПЛЕКСНО-МОДИФИЦИРОВАННЫХ АСФАЛЬТОПОЛИМЕРБЕТОНОВ

Аннотация. С использованием комплекса показателей по Маршаллу, Н. Н. Иванову, И. А. Рыбьеву, характеризующих поведение асфальтобетона в покрытии нежесткой дорожной одежды противостоять сдвиговым напряжениям, установлено, что комплексно-модифицированные этиленглицидилакрилатом асфальтополимербетоны (нефтяной дорожный битум БНД 90/130 100 % мас. – этиленглицидилакрилат (Элвалой АМ) 1,5–2,5 % мас. – полифосфорная кислота ПФК-105 0,2–0,3 % мас.; минеральные материалы щебень, песок, минеральный порошок, поверхностно-активированные 0,7 % мас. этиленглицидилакрилатом) значительно превосходят стандартные асфальтобетоны по сдвигуустойчивости.

Ключевые слова: этиленглицидилакрилат, асфальтополимербетон, модифицированный щебеночно-мастичный асфальтополимербетон, сдвигуустойчивость.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Дорожный асфальтобетон является сложным полидисперсным многофазным композиционным материалом с коагуляционным типом контактов, который в зависимости от температуры, времени действия, интенсивности нагрузки и вида напряжённого состояния в процессе эксплуатации проявляет свойства вязкопластичных, изотропных и нелинейно деформируемых материалов [1–3]. При использовании качественных компонентов и оптимальной структуры асфальтобетона (достигнута максимальная плотная упаковка частиц минерального остова, обеспечена непрерывная пространственная сетка асфальто вяжущего вещества при минимальной толщине адсорбционно-сольватного слоя битума на поверхности минеральных частиц) наиболее плодотворным направлением структурообразования асфальтобетона, исходя из определяющего вклада асфальто вяжущего вещества на качество асфальтобетона, является физико-химическое регулирование свойств объемного и структурированного битума модифицирующими добавками и повышение энергии взаимодействия на поверхности раздела фаз «минеральные материалы-нефтяной дорожный битум» [4–6].

Одним из эффективных комплексных способов модификации микро-, мезо- и макроструктуры является модификация нефтяного дорожного битума этиленглицидилакрилатом 0,7 % мас. (2 % мас.) в комбинации с полифосфорной кислотой (0,2% мас.) с одновременной поверхностной активацией минеральных материалов этиленглицидилакрилатом [7]. В то же время сдвигуустойчивость асфальтополимербетона с комплексно-модифицированной структурой является не изученной.

Целью работы является изучение с привлечением комплекса методов способности комплексно-модифицированного асфальтобетона противостоять сдвиговым напряжениям.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методом Маршалла определены устойчивость, условная пластичность и условная жесткость мелкозернистых асфальтобетонных типов Б, отличающихся видом модифицированного нефтяного дорожного битума, видом минерального порошка (МП) и активатора МП (таблица 1).

Таблица 1 – Значение показателей, характеризующих сдвигоустойчивость бетонов (тип Б) по Маршаллу (температура испытания 60 °С)

№ п/п	Состав асфальтобетонной смеси	Условная пластичность, 1/10, мм	Устойчивость, Р, Н	Условная жесткость, А, Н/мм
1	Мелкозернистая асфальтобетонная смесь (тип Б), приготовленная на битуме БНД 40/60 ($P_{25} = 59,0,1$ мм); минеральный порошок – известняковый неактивирован.	46	15 256	3 316
2	Мелкозернистая асфальтобетонная смесь (тип Б), приготовленная на битумополимерсерном вяжущем (битум $P_{25} = 59,0,1$ мм с 2,0 % мас. бутадиенметилстирольного каучука СКМС–30 и 30 % мас. технической серы); минеральный порошок – известняковый поверхностно–активирован 0,5% мас. СКМС–30.	39	22 981	5 892
3	Мелкозернистая асфальтобетонная смесь (тип Б), приготовленная на битуме БНД 130/200 ($P_{25} = 151,0,1$ мм) с 2,0 % этиленглицидила–крилата и 0,2 % мас. ПФК–105; минеральный порошок – шлам станций нейтрализации сталепроволочно–канатных заводов, поверхностно–активирован 2 % мас. полимерсодержащими отходами производства эпоксидных смол.	32	19 050	5 953
4	Мелкозернистая асфальтобетонная смесь (тип Б), приготовленная на битуме БНД 60/90 ($P_{25} = 75,0,1$ мм), который модифицирован 2,0 % мас. этиленглицидилакрилата в комбинации с 0,2 % мас. полифосфорной кислоты ПФК–105; минеральные материалы поверхностно–активированы 0,7 % мас. этиленглицидилакрилата.	37	30 000	8 108

Характерно, что комплексно-модифицированный этиленглицидилакрилатом асфальтополимербетон (состав асфальтобетона № 4, таблица 1) характеризуется существенно более высокими значениями устойчивости и жесткости. Это должно обеспечить высокую сдвигоустойчивость и долговременную прочность покрытий нежестких дорожных одежд на основе модифицированных асфальтобетонов в области высоких положительных температур.

Для производственного контроля качества модифицированных этиленглицидилакрилатом асфальтобетонов целесообразно использовать критерии, характеризующие структурно-механические свойства бетонов с коагуляционным характером связей, а именно коэффициент пластичности по Н. Н. Иванову [8] и коэффициент подвижности по И. А. Рыбьеву [9], характеризующие вязко-пластические свойства бетонов на органических вяжущих.

$$K = \frac{\lg\left(\frac{R}{R_0}\right)}{\lg\left(\frac{v}{v_0}\right)}, \quad (1)$$

где R и R_0 – пределы прочности при сжатии, полученные при испытании образцов на прессе при скоростях движения поршня при $v = 3$ мм/мин и $v_0 = 0,06$ мм/мин соответственно.

$$\alpha = \frac{\varepsilon}{\tau \cdot R}, \quad (2)$$

где ε – относительная деформация, натекшая за период напряженного состояния образца при заданной скорости свободного хода поршня и измеряемая индикатором часового типа или, что менее точно, по размерам высоты образца до и после испытания (3).

$$\varepsilon = \frac{h_1 - h_2}{h_1}, \quad (3)$$

где τ – период времени, равный продолжительности испытания и выраженный в сек;
 R – напряжение в кгс/см², соответствующее моменту разрушения структуры асфальтобетона.

Для расчета коэффициента пластичности по Н. Н. Иванову получены данные, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Расчет коэффициента пластичности по Н. Н. Иванову

Вид асфальтобетона	Скорость деформирования хода поршня, мм/мин	Среднее значение предела прочности при сжатии при 20 °С, R_{20} , МПа
Мелкозернистая асфальтобетонная смесь (тип Б), приготовленная на битуме БНД 40/60 ($P_{25} = 59,0,1$ мм); минеральный порошок – известняковый неактивирован.	3	2,3
	0,06	1,8
Мелкозернистая асфальтобетонная смесь (тип Б), приготовленная на битуме БНД 60/90 ($P_{25} = 75,0,1$ мм), который модифицирован 2,0 % мас. этиленглицидилакрилата в комбинации с 0,2 % мас. полифосфорной кислоты ПФК-105; минеральные материалы поверхностно-активированы 0,7 % мас. этиленглицидилакрилата.	3	6,1
	0,06	5,9

Для немодифицированного и модифицированного асфальтобетонов определены коэффициенты пластичности по Н. Н. Иванову K_1 и K_2 соответственно.

$$K_1 = \frac{\lg\left(\frac{2,3}{1,8}\right)}{\lg\left(\frac{3}{0,06}\right)} = 0,065, \quad K_2 = \frac{\lg\left(\frac{6,1}{5,9}\right)}{\lg\left(\frac{3}{0,06}\right)} = 0,009.$$

По относительному значению коэффициента пластичности по Н. Н. Иванову модифицированный асфальтобетон в 7,2 раза жестче, чем немодифицированный асфальтобетон.

$$K_{\text{отн}} = \frac{K_1}{K_2} = \frac{0,065}{0,009} = 7,2.$$

Для определения коэффициента подвижности по И. А. Рыбьеву получены данные, приведенные в таблице 3.

Коэффициент подвижности для немодифицированного асфальтобетона равен

$$\alpha_1 = \frac{0,016}{23,1 \cdot 209} = 0,0000033.$$

Коэффициент подвижности для комплексно-модифицированного горячего асфальтобетона равен

$$\alpha_2 = \frac{0,018}{61 \cdot 186} = 0,0000016.$$

Отношение коэффициента подвижности немодифицированного и модифицированного горячего асфальтобетона составляет

$$\alpha_{\text{отн}} = \frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{0,0000033}{0,0000016} = 20,65.$$

Таблица 3 – Определение коэффициента подвижности по И. А. Рыбьеву

Вид асфальтобетона	Среднее значение предела прочности при сжатии при 20 °С, МПа	Время разрушения (от начала деформирования до разрушения образца), сек	Средняя относительная деформация (уменьшение высоты образца от начала деформирования до разрушения), мм
Мелкозернистая асфальтобетонная смесь (тип Б), приготовленная на битуме БНД 40/60 ($P_{25} = 59,0,1$ мм); минеральный порошок – известняковый неактивирован.	2,31	209	0,016
Мелкозернистая асфальтобетонная смесь (тип Б), приготовленная на битуме БНД 60/90 ($P_{25} = 75,0,1$ мм), который модифицирован 2,0 % мас. этиленглицидиакрилата в комбинации с 0,2 % мас. полифосфорной кислоты ПФК-105; минеральные материалы поверхностно-активированы 0,7 % мас. этиленглицидиакрилата.	6,1	186	0,0018

Это свидетельствует о том, что при комплексной модификации органического вяжущего и поверхности минеральных материалов этиленглицидиакрилатом в 20,65 возрастает его способность сопротивляться напряжениям, которые формируют пластические деформации в сравнении с традиционным горячим асфальтобетоном.

Подтверждением более высокой устойчивости формированию колеи являются данные, приведенные в таблице 4 и на рисунках 1–3, которые свидетельствуют, что асфальтополимербетон (тип Б) с комплексно-модифицированной структурой этиленглицидиакрилатом после 10 000 циклов прохода нагруженного колеса с шиной при 60 °С и 0,7 МПа нагрузки характеризуется глубиной колеи 5,1 мм (состав 3, таблица 4). При одном и том же минеральном остове снижение глубины колеи

Таблица 4 – Значение глубины колеи при количестве проходов колеса по одному следу

№ п/п	Состав асфальтобетонной смеси	Глубина колеи, мм	
		Количество проходов колеса по одному следу	
		10 000	20 000
1	Мелкозернистая асфальтобетонная смесь (тип Б), приготовленная на битуме БНД 60/90 ($P_{25} = 75,0,1$ мм); минеральные материалы поверхностно не активированы	6,6	
2	Мелкозернистая асфальтобетонная смесь (тип Б), приготовленная на битумополимерном вяжущем (битум $P_{25} = 75,0,1$ мм с 2 % этиленглицидиакрилата Элвалой АМ); минеральные материалы поверхностно не активированы	6,2	
3	Мелкозернистая асфальтобетонная смесь (тип Б), приготовленная на битумополимерном вяжущем (битум $P_{25} = 75,0,1$ мм с 2 % этиленглицидиакрилата Элвалой АМ); минеральные материалы (щебень, искусственный песок, минеральный порошок) поверхностно-активированы 0,7% мас. этиленглицидиакрилата	5,1	
4	ЩМА-15, приготовленный на (битуме $P_{25} = 75,0,1$ мм) минеральные материалы поверхностно не активированы		2,5
5	ЩМА-15, приготовленный на битумополимерном вяжущем (битум $P_{25} = 75,0,1$ мм с 2 % этиленглицидиакрилата Элвалой АМ); минеральные материалы поверхностно не активированы		2,2
6	ЩМА-15, приготовленный на битумополимерном вяжущем (битум $P_{25} = 75,0,1$ мм с 2 % этиленглицидиакрилата Элвалой АМ); минеральные материалы (щебень, искусственный песок, минеральный порошок) поверхностно-активированы 0,7% мас. этиленглицидиакрилата		1,6

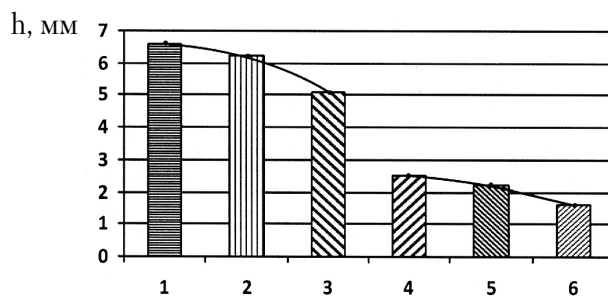


Рисунок 1 – Пластические деформации асфальтобетонов в виде колеейности (h) 1, 2, 3, 4, 5, 6 – индексы асфальтобетонов, которые соответствуют индексам составов, приведенным в таблице 4.

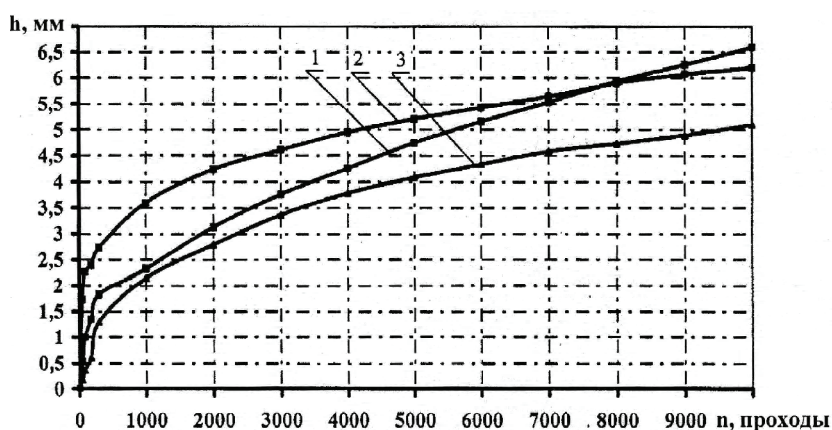


Рисунок 2 – Кривые колееобразования асфальтобетонов индексов 1, 2, 3 (таблица 4) с различной степенью модификации структурных элементов мелкозернистого асфальтобетона типа Б (h – глубина колеейности, n – количество проходов колеса по одному следу).

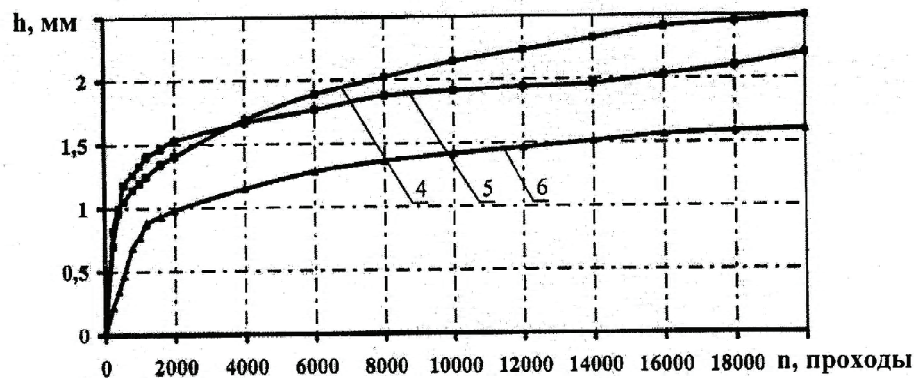


Рисунок 3 – Кривые колееобразования асфальтобетонов индексов 4, 5, 6 (таблица 4) с различной степенью модификации структурных элементов щебеночно-мастичного асфальтобетона типа ЩМА-15 (h – глубина колеейности, n – количество проходов колеса по одному следу).

составляет 23 %, что свидетельствует о значительном повышении коэффициента сцепления в результате модификации органического вяжущего полимером и аппретирования этиленглицидилакрилатом поверхности минеральных материалов. Аналогичные закономерности наблюдаются в поведении щебеночно-мастичного асфальтобетона по способности противостоять пластическим деформациям. Щебеночно-мастичный асфальтобетон с комплексно-модифицированной структурой этиленглицидилакрилатом после 20 000 циклов прохода нагруженного колеса с шиной на установке Infratest Кат. 20-4000 характеризуется глубиной формирования колеейности 1,6 мм против 2,5 мм немодифицированного ЩМА-15 (таблица 4, рисунки 1–3).

Снижение глубины колеи составляет 36 % в результате существенного повышения адгезионно-когезионных свойств модифицированного битума и повышения энергии взаимодействия на поверхности раздела фаз «модифицированный этиленглицидиакрилатом битум и поверхностно-активированные Элвалоем АМ минеральные материалы асфальтополимербетона» (щебень, искусственный песок, минеральный порошок).

Модифицированные асфальтобетоны и прежде всего асфальтобетон, в составе которого нефтяной дорожный битум и минеральные материалы модифицированы этиленглицидиакрилатом, характеризуются высокой сдвигоустойчивостью. Следовательно, покрытия нежестких дорожных одежд, построенные из асфальтобетонных смесей, модифицированных этиленглицидиакрилатом, в эксплуатационных условиях обеспечат долговечность конструктивных слоев дорожных одежд.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дорожный асфальтобетон [Текст] / [Л. Б. Гезенцев, Н. В. Горелышев, А. М. Богуславский, И. В. Королёв]. – М. : Транспорт, 1985. – 350 с.
2. Золотарев, В. А. Долговечность дорожных асфальтобетонов [Текст] / В. А. Золотарев. – Харьков : Вища школа, 1977. – 116 с.
3. Богуславский, А. М. Основы реологии асфальтобетона [Текст] / А. М. Богуславский, Л. А. Богуславский. – М. : Высшая шк., 1972. – 200 с.
4. Калгин, Ю. И. Дорожные битумо-минеральные материалы на основе модифицированных битумов [Текст] : монография / Ю. И. Калгин. – Воронеж : Воронежский гос. архит.-строит. ун-т, 2006. – 272 с.
5. Бонченко, Г. А. Асфальтобетон: сдвигоустойчивость и технология модифицирования полимером [Текст] / Г. А. Бонченко. – М. : Машиностроение, 1994. – 176 с.
6. Золотарев, В. А. Как оценить сдвигоустойчивость [Текст] / В. А. Золотарев // Автомобильные дороги, 2009. – № 12(937). – С. 51-54.
7. Асфальтополимербетоны с комплексно-модифицированной микроструктурой [Текст] / [В. И. Братчун, В. Л. Беспалов, М. К. Пактер, Ахмед Талиб Мутташар Мутташар] // Наука и техника в дорожной отрасли : Международный научно-технический журнал. – 2013. – (66), № 3. – С. 35–41.
8. Иванов, Н. Н. Прочность и устойчивость покрытий из смесей каменных материалов с органическими вяжущими [Текст] / Н. Н. Иванов // Труды Московского автомобильно-дорожного института, 1956. – Вып. 18. – С. 61–74.

Получено 03.12.2018

В. І. БРАТЧУН ^а, В. В. ЯДИКИНА ^б, В. Л. БЕСПАЛОВ ^а, Є. О. РОМАНЮК ^а,
В. П. ДЕМЕШКІН ^а, О. О. ПШЕНИЧНИХ ^а
ПРО ЗСУВОСТІЙКІСТЬ КОМПЛЕКСНО-МОДИФІКОВАНИХ
АСФАЛЬТОПОЛІМЕРБЕТОНІВ

^а ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», ^б ФДБОУ
ВО «Белгородський державний технологічний університет ім. В. Г. Шухова»

Анотація. З використанням комплексу показників по Маршалу, Н. Н. Иванову, І. А. Риб'єву, що характеризують поведінку асфальтобетону в покритті нежорсткого дорожнього одягу протистояти зсувним напруженням, встановлено, що комплексно-модифіковані етиленгліцидиакрилатом асфальтополімербетони (нафтовий дорожній бітум БНД 90/130 100 % мас. – етиленгліцидиакрилат (Елвалой АМ) 1,5–2,5 % мас. – поліфосфорна кислота ПФК-105 0,2–0,3 % мас.; мінеральні матеріали щебін, пісок, мінеральний порошок поверхнево-активовані 0,7 % мас. етиленгліцидиакрилатом), значно перевершують стандартні асфальтобетони по зсувостійкості.

Ключові слова: етиленгліцидиакрилат, асфальтополімербетон, модифікований щебенево-мастичний асфальтополімербетон, зсувостійкість.

VALERY BRATCHUN ^a, VALENTINA YADYKINA ^b, VITALY BESPALOV ^a,
 EVGENY ROMASYUK ^a, VALENTIN DEMESCHKIN ^a, OLEG PHENICHNIH ^a
 THE MOBILE STABILITY OF COMPLEX – MODIFIED ASPHALT POLYMER
 OF CONCRETE

^a Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, ^b Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «V. G. Shukhov Belgorod State Technological University»

Abstract. Using a set of indicators for Marshall, N. N. Ivanov, I. A. Rybyev, characterizing the behavior of asphalt concrete in covering non-rigid pavement to withstand shear stresses, it was established that complex-modified asphalt-polymeric concrete by ethylene and glycidyl acrylate (oil road bitumen BND 90/130 100 % by weight – ethylene glycidyl acrylate (Elvoy AM) 1.5–2.5 % by weight – polyphosphoric acid PFC-105 0.2–0.3 % by weight; mineral materials crushed stone, sand, mineral powder, surface-activated 0.7 % by weight ethylene glycidyl acrylate) are considerably superior to standard asphalt concretes for shear resistance.

Key words: ethylene and glycidyl acrylate, asphalt and polymer concrete, modified black mastic asphalt polymer concrete, shear resistance.

Братчун Валерий Иванович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: физико-химическая механика технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев жестких дорожных одежд на основе модифицированных органических вяжущих и комплексного модифицирования структуры бетонов; разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

Ядыкина Валентина Васильевна – доктор технических наук, профессор, заместитель заведующего кафедрой автомобильных и железных дорог Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова». Научные интересы: разработки эффективных дорожно-строительных материалов и технологий для строительства и ремонта автодорог, улучшения экологической ситуации в регионе

Беспалов Виталий Леонидович – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: синтез органических вяжущих для производства композиционных дорожно-строительных материалов, используемых при строительстве конструктивных слоев жестких дорожных одежд автомобильных дорог повышенной долговечности.

Ромасюк Евгений Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: получение технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев жестких дорожных одежд на основе модифицирования органических вяжущих.

Демешкин Валентин Павлович – старший преподаватель кафедры теплотехники, теплогазоснабжения и вентиляции ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

Пшеничных Олег Александрович – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

Братчун Валерій Іванович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобільних доріг та аеродромів ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: фізико-хімічна механіка технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів жорстких дорожніх одягів на основі модифікованих органічних в'язучих і комплексного модифікування структури бетонів; розробка ефективних технологій переробки техногенної сировини в компоненти композиційних матеріалів.

Ядикіна Валентина Василівна – доктор технічних наук, професор, заступник завідувача кафедри автомобільних і залізничних доріг ФДБОУ ВО «Белгородський державний технологічний університет ім. В. Г. Шухова». Наукові інтереси: розробки ефективних дорожньо-будівельних матеріалів і технологій для будівництва і ремонту автодоріг, поліпшення екологічної ситуації в регіоні

Беспалов Віталій Леонідович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг та аеродромів ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: синтез органічних в'язучих для виробництва композиційних дорожньо-будівельних матеріалів, які використовуються при будівництві конструктивних шарів жорстких дорожніх одягів автомобільних доріг підвищеної довговічності.

Ромасюк Євген Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг та аеродромів ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: отримання технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорсткого дорожнього одягу на основі модифікування органічних в'язучих.

Демешкін Валентин Павлович – старший викладач кафедри теплотехніки, теплогазопостачання та вентиляції ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розробка ефективних технологій переробки техногенної сировини у компоненти композиційних матеріалів.

Пшеничных Олег Олександрович – магістрант кафедри автомобільних доріг та аеродромів ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розробка ефективних технологій переробки техногенної сировини в компоненти композиційних матеріалів.

Bratchun Valery – D. Sc. (Eng.), Professor, the Head of the Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: physical and chemical mechanics of technological and lasting road concretes for building of structural layers of non-rigid road coats on the basis of modification of organic astringent and complex microstructure modification of concretes; development of effective technologies of processing of technogenic raw material in to the components of compositional materials.

Yadykina Valentina – D. Sc. (Eng.), Professor, Deputy Head of the Department of Automobile and Railway Roads, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «V. G. Shukhov Belgorod State Technological University». Scientific interests: development of effective road-building materials and technologies for the construction and repair of roads, improving the environmental situation in the region.

Bespalov Vitaly – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: synthesis of organic astringent for production road-build materials of compositions, used for building of structural layers of non-rigid traveling clothes of highways of the promoted longevity.

Romasyuk Evgeny – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: receipts of technological and lasting travelling concretes for building of structural layers of non-rigid travelling clothes on the basis of retrofitting of organic astringent.

Demeschkin Valentin – senior teacher, Heat Engineering, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of effective technologies of processing of technogenic raw material in the components of materials of compositions.

Phenichnih Oleg – Master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of effective technologies for processing man-made materials in the components of the composite materials.

УДК 691.5

В. И. БРАТЧУН, Е. А. РОМАСЮК, В. В. ЖЕВАНОВ, А. В. КВАШУК, Ю. М. СТОИЧЕВА
ГООУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ПОВЫШЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ХОЛОДНЫХ АСФАЛЬТОШЛАКОБЕТОНОВ

Аннотация. В статье приведены сравнительные результаты исследований деформационно-прочностных свойств влажных холодных асфальтошлакобетонов на жидких битумополимерных вяжущих. Показано, что в сравнении с традиционными холодными асфальтобетонами влажные холодные асфальтошлакобетоны, модифицированные латексом Butonal NS 198 или термоэластопластом Kraton D 1101, характеризуются в 1,5–1,6 раза большим пределом прочности при сжатии.

Ключевые слова: мартеновский шлак, доменный шлак, асфальтошлакобетон, прочность, плотность, полимерный модификатор.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

В последние годы для поддержания сети автомобильных дорог в надлежащем эксплуатационном состоянии внедряется превентивная система ремонтных работ, которая заключается в использовании новых энергосберегающих технологий и применении эффективных материалов: качественных битумных эмульсий, модифицированных битумов и др. При этом обеспечивается возможность круглогодичного проведения работ по строительству и ремонту дорожных асфальтобетонных покрытий без снижения их деформационно-прочностных характеристик [1].

Наиболее перспективными и экономически выгодными являются технологии, позволяющие выполнять ремонт при низких температурах окружающей среды с использованием композитной холодной асфальтобетонной смеси, содержащей качественный минеральный материал плотного зернового состава, органическое вяжущее и различные добавки. Данную смесь приготавливают на асфальтобетонном заводе, складируют и укладывают в холодном состоянии. Таким образом, одним из преимуществ технологии производства холодной смеси состоит в возможности проводить ремонтные работы при низких температурах. В то же время композитные материалы (полимерные модификаторы, адгезионные добавки) для производства холодного асфальтобетона имеют высокую стоимость, так как поставляются из Европы. При этом их использование необходимо, ведь повышенные адгезионные показатели асфальтобетонной смеси обеспечивают именно композитные материалы [1].

Таким образом, целесообразно разрабатывать составы холодных асфальтобетонных смесей с использованием местных материалов с достаточно высокими деформационно-прочностными показателями.

АНАЛИЗ ВЫПОЛНЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Одним из наиболее эффективных методов снижения себестоимости и энергоемкости производства холодных асфальтобетонов является производство и применение в дорожном строительстве влажных органоминеральных смесей, представляющих смеси увлажненных минеральных материалов и жидких органических вяжущих [2–4].

Составы влажных органоминеральных смесей начали разрабатывать в СССР и США начиная с 70-х гг. XX века [1–7]. На сегодняшний день составы данных смесей нормированы в ГОСТ 30491-2012 «Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими, для дорожного

и аэродромного строительства. Технические условия», где рекомендуется в качестве минеральных материалов использовать не только щебень, но и различные шлаки и гравийно-песчаные смеси.

Асфальтобетонные смеси, в составе которых содержатся как органические вяжущие вещества, придающие системе связность и эластичность, так и минеральные материалы, способные к гидратации, характеризуются коагуляционно-кристаллизационными связями. Соотношение коагуляционно-кристаллизационных контактов и определяет деформационно-прочностные характеристики такого композиционного материала.

Необходимость в таких композиционных материалах для дорожного строительства обусловлена сильной зависимостью прочности и деформативности традиционных асфальтобетонов от температуры. Повышение температуры ведет к снижению когезионной прочности структурированных прослоек органического вяжущего на поверхности минеральных материалов, что существенно сказывается на сдвигоустойчивости дорожного покрытия. К тому же дефицит качественных вязких битумов приводит к необходимости использования в качестве маловязких органических вяжущих – нефтяные гудроны, каменноугольные смолы и т. д.

В работах [3–5] выполнены исследования влажных композиционных бетонов на органических вяжущих с использованием в качестве минеральных материалов отвалных мартеновских шлаков металлургических заводов Донбасса. Показано, что физико-механические показатели влажных смесей с содержанием воды (8...13 %) соответствуют аналогичным показателям свойств холодного асфальтобетона, а по некоторым показателям и превышают их, приближаясь с показателями качества теплого асфальтобетона, что определяет области их применения.

Характерно, что наличие пленочного маловязкого органического вяжущего и адсорбционно-сольватных слоев воды на поверхности частиц отсева дробления мартеновского шлака придает удобоукладываемость асфальтобетонной смеси и, как правило, обеспечивает нормативную плотность при укладке и уплотнении при невысоких температурах [2, 3].

Предполагается, что присутствие пленки битума на поверхности уплотненного холодного асфальтошлакового бетона должно обеспечить оптимальные влажностные условия гидратации шлака, так как динамическое равновесие в системе «пар – жидкость» будет смещаться в направлении конденсации воды. К тому же при нагреве влажного шлака перед смешением с органическим вяжущим влага частично сохраняется в глубоких порах сложной конфигурации. Пленка жидкого битума, перекрывая систему пор, будет способствовать возникновению «пропарочных» микрокамер, что должно интенсифицировать процессы гидратации мелкодисперсных частиц отсева мартеновского шлака [4].

Таким образом, применение влажных холодных асфальтошлакобетонных смесей для строительства и ремонта конструктивных слоев нежестких дорожных одежд по сравнению с устройством их из горячих органоминеральных смесей позволяет: использовать местные дорожно-строительные материалы без предварительного просушивания; подогрева; применять менее дефицитные органические вяжущие без их обезвоживания; вести строительные и ремонтные работы при неблагоприятных погодных условиях.

Цель работы состоит в разработке состава холодной асфальтошлакобетонной смеси, на основе местных металлургических шлаков, с повышенными деформационно-прочностными свойствами, предназначенной для строительства и ремонта дорожных покрытий.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В качестве вяжущего материала принят нефтяной дорожный битум марки СГ 70/130 со следующими характеристиками: условная вязкость по вискозиметру с отверстием 5 мм при 60 °С – 97 с; количество выпаренного разбавителя – 10,1 %; температура размягчения остатка после определения количества выпаренного разбавителя – 41 °С. Жидкий битум СГ 70/130 получен из битума БНД 60/90 Павлодарского НПЗ с добавлением разбавителя. В качестве разбавителя использовался технический керосин (8...10 %).

В качестве минерального материала были приняты следующие шлаки:

1. Отсев дробления отвалного мартеновского шлака Енакиевского металлургического завода (ЕМЗ). Химический состав (усредненные значения): CaO – 24–38 %, SiO₂ – 18–34 %, Al₂O₃ – 3–5 %, MgO – 6–12 %, MnO – 6–10 %, FeO + Fe₂O₃ – 11–13 %, P₂O₅ – 0,98. Химический состав шлаков ЕМЗ отличается непостоянством, так как зависит от выплавляемых марок стали и содержит до 30 химических элементов, среди которых сумма основных четырех оксидов (CaO, SiO₂, Al₂O₃, MgO) составляет до 98 %.

2. Доменный гранулированный шлак Донецкого металлургического завода (ДМЗ). Химический состав: CaO – 46 %, Si_2O_3 – 38, Al_2O_3 – 6 %, MgO – 6 %, FeO – 2 % и др.

Зерновой состав минеральной части исследуемых холодных асфальтошлакобетонов приведен в таблице.

Таблица – Зерновой состав минеральной части холодных асфальтошлакобетонов

Тип асфальтобетона	Содержание по массе, % минеральных зерен, которые меньше данного размера, мм									Содержание орг. вяжущего
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	
Холодный асфальтошлакобетон (мартеновский шлак), содержание воды в смеси – 10 %	100,0	93,0	82,7	70,4	57,1	46,8	35,1	20,8	2,8	7–8 %
Холодный асфальтошлакобетон (доменный шлак), содержание воды в смеси – 10 %	100	99,5	98,3	92,3	64,8	45,3	24,3	9,3	4,3	6,5–7,0 %

В качестве полимерных модификаторов органического вяжущего были использованы латекс марки Butonal NS 198, термоэластопласт типа СБС марки Kraton D 1101. Полимеры смешивали с вязким битумом марки БНД 60/90 согласно принятым методикам приготовления битумополимерного вяжущего [8]. Для получения жидкого модифицированного битума марки СГ 70/130 в полученные полимер-модифицированные вяжущие добавлялся разбавитель (керосин – 8...10 %) [8].

Согласно [4, 5] процесс приготовления влажной асфальтошлакобетонной смеси включает следующие этапы: подогрев шлака до температуры 80 °С, смешение с жидким битумом, подогретым до температуры 80...90 °С, добавление 10...12 % мас. воды и перемешивание смеси. Уплотнение полученной смеси происходило при давлении 30 МПа.

На рис. 1 приведены значения предела прочности при сжатии холодных асфальтошлакобетонов в зависимости от времени структурообразования (температура структурообразования бетона 20 °С) и типа металлургического шлака.

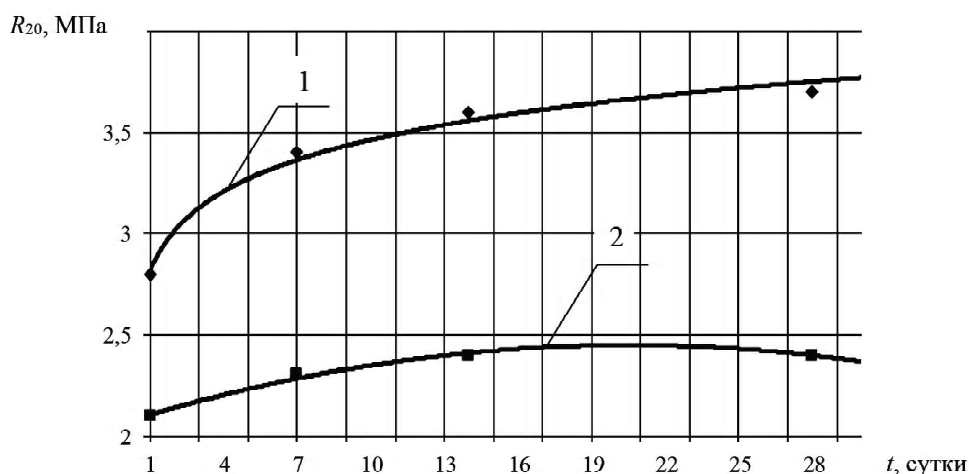


Рисунок 1 – Предел прочности при сжатии при 20 °С R_{20} образцов холодного асфальтошлакобетона в зависимости от времени структурообразования (t , сутки): 1 – на мартеновском шлаке (ЕМЗ); 2 – на доменном шлаке (ДМЗ).

Характерно, что прочность образцов холодных асфальтошлакобетонов с течением времени растет. Водный раствор гидроксида кальция, образующийся в процессе гидратации металлургического шлака, позволяет создать во влажном асфальтошлаковом бетоне щелочную среду с достаточно

высоким рН, обеспечивающим диспергирование шлака за счет разрыва ковалентных связей Si – O – Si и Al – O – Si. При достижении степени перенасыщения водного раствора катионами Ca^{2+} происходит их взаимодействие с кремне- и алюмосолями с образованием целого ряда кристаллогидратов (тоберморит, ксолонит и др.). К тому же предполагается, что упрочнение полученных систем происходит за счет хемосорбционных связей, которые могут возникнуть при взаимодействии основных гидратированных веществ шлака с кислыми соединениями жидкого нефтяного битума [4].

Таким образом, для значительного улучшения деформационно-прочностных характеристик холодных асфальтошлакобетонов необходимо достичь в смеси оптимального сочетания коагуляционных контактов между частицами шлака через адсорбционно-сольватные структурированные прослойки органического вяжущего и кристаллизационно-конденсационных контактов при прямом срастании кристаллов гидратированных минералов шлака.

Следует отметить, что образцы асфальтобетона из мартеновского шлака имеют значительно большую прочность по сравнению с бетонами на доменном гранулированном шлаке. В данном случае играет важную роль начальный период структурообразования асфальтошлакобетона, связанного с формированием коагуляционной структуры. Доменный шлак имеет гранулы с достаточно развитой поровой структурой, при этом большинство пор замкнуто внутри гранулы, поэтому в процессе смешивания органического вяжущего и шлака жидкий битум не в состоянии полностью заполнить микропорное пространство гранул. Также значительное количество воды затворения из-за непродолжительного времени смешивания смеси не может проникнуть в поры зерен гранулированного шлака. Следовательно, поры в гранулах доменного шлака остаются незамкнутыми и являются концентраторами критических напряжений при приложении нагрузки к образцу.

Во времени пористость в асфальтошлаковых бетонах будет увеличиваться вследствие частичного вытеснения воды в процессе уплотнения и испарения, а также из-за контракционных и усадочных явлений в системах [3–5]. В связи с развивающейся открытой пористостью в исследуемых бетонах следует ожидать развития сообщающихся между собой капилляров и микротрещин, что сказывается на значениях средней плотности (рис. 2) и некотором снижении предела прочности при сжатии, особенно у образцов из доменного шлака (рис. 1). При этом значения предела прочности при сжатии и средней плотности образцов бетонов из мартеновского шлака с течением времени возрастают и выходят на плато без явного снижения показателей.

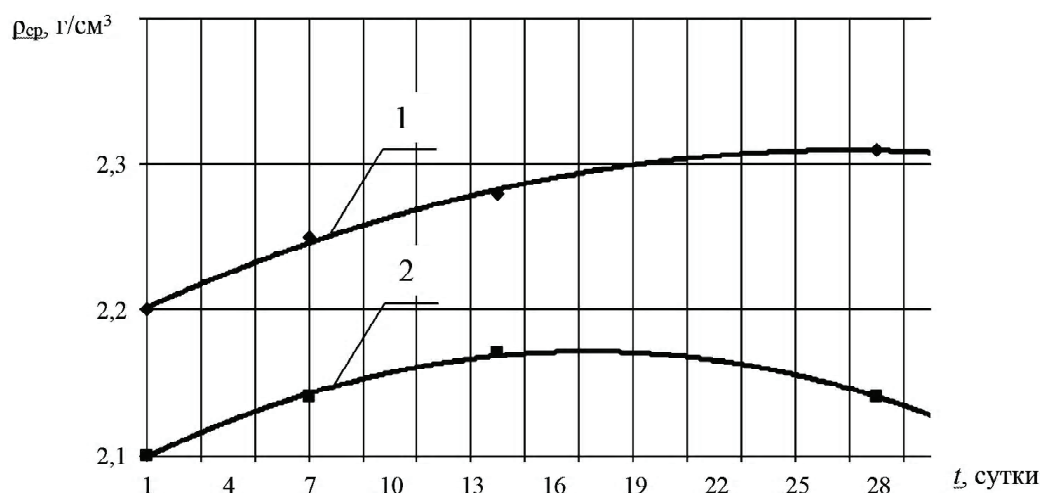


Рисунок 2 – Зависимость средней плотности образцов холодного асфальтошлакобетона от времени структурообразования (t , сутки): 1 – на мартеновском шлаке (ЕМЗ); 2 – на доменном шлаке (ДМЗ).

Введение полимерных модификаторов Butonal NS 198 и Kraton D 1101 в жидкие битумы позволило повысить предел прочности при сжатии холодных асфальтошлакобетонов (рис. 3). Повышение адгезионно-когезионных свойств модифицированных жидких вяжущих позволяет наиболее полно покрыть олеофильные центры поверхности шлаковых частиц пленочным битумополимерным вяжущим, а гидрофильных – прослойками воды. Также происходит более равномерное распределение компонентов в единице объема смеси и, как следствие, достигается минимальная межзерновая пустотность минерального остова холодных асфальтошлакобетонов.

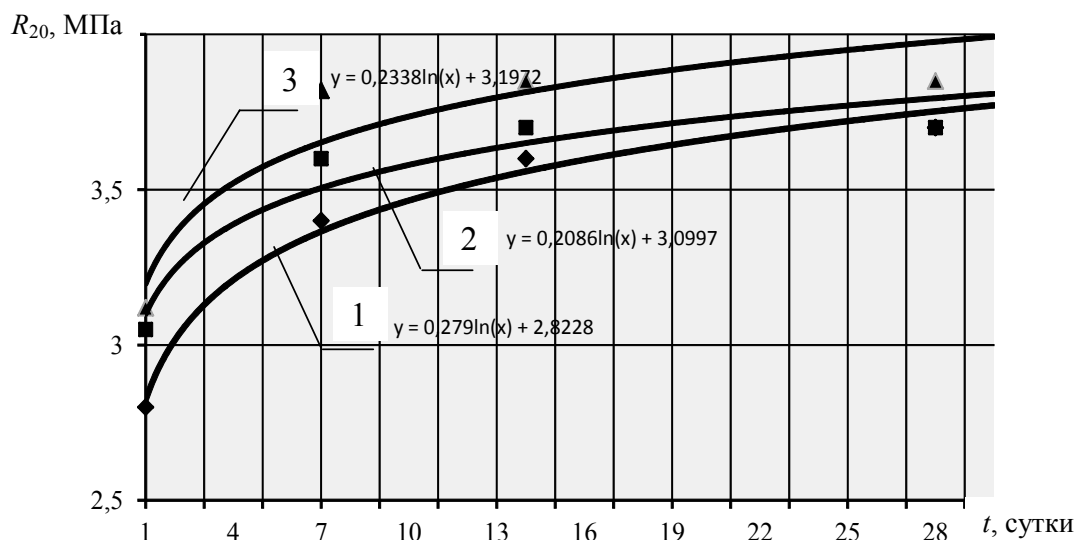


Рисунок 3 – Зависимости предела прочности при сжатии при 20 °С R_{20} образцов холодного асфальтополимер-шлакобетона от времени структурообразования (t , сутки): 1 – на мартеновском шлаке (ЕМЗ); 2 – на мартеновском шлаке + жидкий битум, модифицированный 2 % латекса Butonal NS 198; 3 – на мартеновском шлаке + жидкий битум, модифицированный 2 % термоэластопласта Kraton D 1101.

Зависимости предела прочности сжатия образцов холодного асфальтошлакобетона от времени структурообразования имеют вид функции натурального логарифма $y = \ln(x)$ с величиной достоверности аппроксимации (R_2) от 0,90 до 0,98.

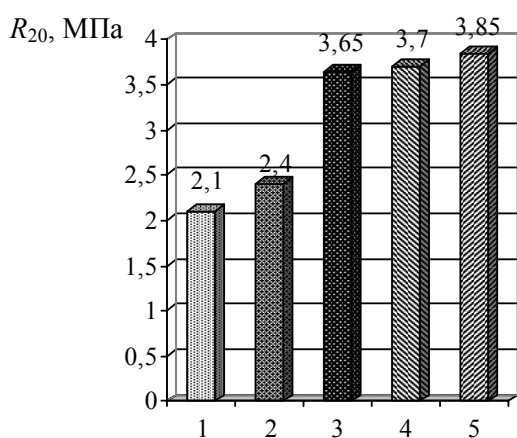


Рисунок 4 – Сравнительная диаграмма наибольших значений пределов прочности при сжатии при 20 °С различных образцов холодных асфальтобетонов: 1 – холодный асфальтобетон тип Гх; 2 – дисперсно-армированный холодный асфальтобетон тип Гх (содержание фиброволокна – 0,7 %); 3 – влажный холодный асфальтошлакобетон на мартеновском шлаке; 4 – влажный холодный асфальтошлакобетон на мартеновском шлаке, модифицированный латексом Butonal NS 198; 5 – влажный холодный асфальтошлакобетон на мартеновской шлаке, модифицированный термоэластопластом Kraton D 1101.

На рис. 4 приведена сравнительная диаграмма наибольших значений пределов прочности при сжатии различных образцов холодных асфальтобетонов. Характерно, что прочность у влажных холодных асфальтошлакобетонов в среднем в 1,6 раза больше, чем у традиционного холодного асфальтобетона типа Гх на гранитном щебне и в 1,5 раза выше, чем у армированного фиброволокном холодного асфальтобетона типа Гх, исследования которого приведены в работе [10].

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что при оптимальном сочетании коагуляционных контактов между частицами шлака через адсорбционно-сольватные структурированные прослойки органического вяжущего и кристаллизационно-конденсационные контакты при прямом срастании кристаллов гидратированных минералов шлака возможно существенно улучшить деформационно-прочностные характеристики холодных асфальтошлакобетонов.

2. Предел прочности асфальтошлакобетонов растет с увеличением времени структурообразования, что связано с постепенным развитием процессов гидратации минеральных зерен шлака. В среднем после 14 суток структурирования рост прочностных показателей замедляется, что свидетельствует о снижении процессов гидратации.

3. Использование доменного гранулированного шлака при производстве холодных асфальтобетонов не рекомендуется вследствие большого количества замкнутых пор внутри гранул шлака, которые являются концентраторами напряжений в асфальтобетоне при воздействии нагрузок.

4. Показано, что в сравнении с традиционными холодными асфальтобетонами (ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия) влажные холодные асфальтошлакобетоны, модифицированные латексом Butonal NS 198 и термоэластопластом Kraton D 1101, характеризуются в 1,5–1,6 раз большим пределом прочности при сжатии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бусел, А. В. Ремонт автомобильных дорог [Текст] : учеб. пособие. / А. В. Бусел. – Мн. : Арт Дизайн, 2004. – 208 с.
2. Martinie, G. D. Wet efficiencies of bitumen mixtures for various organic substances and the identities of residual matter [Text] / G. D. Martinie, A. A. Schilt // Analytical Chemistry. – 1976. – № 48(1). – P. 70–74.
3. Горелышева, А. А. Влажная смесь на органическом вяжущем для строительства и ремонта автомобильных дорог [Текст] / А. А. Горелышева, В. М. Карамышева // Тезисы докладов и сообщений УП Всесоюзного совещания дорожников. Асфальтобетонные и черные облегченные покрытия автомобильных дорог. – М. : Союздорнии, 1981. – С. 19–20.
4. Бачурин, А. Н. Влажные дегтешлаковые смеси, активированные щелочами, для дорожного строительства [Текст] : дис. ... канд. тех. наук : 05.23.05 / Бачурин Алексей Никитович. – Харьков : ХАДИ, 1989. – 225 с.
5. Братчун, В. И. Потребительские свойства строительных материалов с использованием отсева дробления отвалных мартеновских шлаков [Текст] : монография / В. И. Братчун, Н. П. Нагорная. – Донецк : ГОУ ВПО «ДОННАСА», 2018. – 98 с.
6. Строев, Д. А. Дисперсно-армированные бетоны на битумно-цементном вяжущем для строительных и ремонтных работ [Текст] : дис. ... канд. тех. наук : 05.23.05 / Строев Дмитрий Александрович. – Ростов-на-Дону : РГСУ, 2013. – 192 с.
7. Скрыльников, В. Зима не помеха для ямочного ремонта [Текст] / В. Скрыльников // Дороги России XXI века. – 2009. – № 2. – С. 58–59.
8. О технологических и физико-механических свойствах асфальтобетона с комплексно-модифицированной микро-, мезо- и макроструктурой [Текст] / [В. Л. Беспалов, В. И. Братчун, Ахмед Мутташар, М. К. Пактер и др.] // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2014. – Вып. № 1(105) Современные строительные материалы. – С. 24–32.
9. Калгин, Ю. И. Дорожные битумо-минеральные материалы на основе модифицированных битумов [Текст] / Ю. И. Калгин. – Воронеж : Изд-во Воронежского госуд. ун-та, 2006. – 272 с.
10. Романюк, Е. А. Бетоны из дисперсно-армированных холодных органо-минеральных смесей с повышенными деформационно-прочностными свойствами [Текст] / Е. А. Ромасюк, А. А. Верецун, Д. С. Бойко // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2017. – Вып. № 2(124) Современные строительные материалы. – С. 34–40.

Получено 04.12.2018

В. І. БРАТЧУН, Є. О. РОМАСЮК, В. В. ЖЕВАНОВ, О. В. КВАШУК,
Ю. М. СТОІЧЕВА
ПІДВИЩЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙНО-МІЦНІСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
ХОЛОДНИХ АСФАЛЬТОШЛАКОБЕТОНІВ
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У статті наведено порівняльні результати досліджень деформаційно-міцнісних властивостей вологих холодних асфальтошлакобетонів на рідких бітумополімерних в'язучих. Показано, що у порівнянні з традиційними холодними асфальтобетонами вологі холодні асфальтошлакобетони, які модифіковані латексом Butonal NS 198 і термоеластопластом Kraton D 1101, мають в 1,5–1,6 разів більшу межу міцності при стиску.

Ключові слова: мартенівський шлак, доменний шлак, асфальтошлакобетон, міцність, щільність, полімерний модифікатор.

VALERY BRATCHUN, EVGENY ROMASYUK, VYACHESLAV ZHEVANOV,
ALEXEY KVASHUK, YULIA STOICHEVA
INCREASE OF DEFORMATION AND STRENGTH PROPERTIES OF COLD
ASPHALT CINDER CONCRETE

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The article presents the comparative results of studies of the deformation-strength properties of wet cold asphalt sludge concrete on liquid bitumen-polymer binders. It is shown that, compared to traditional cold asphalt concrete, wet cold asphalt and slag concrete modified with Butonal NS 198 latex and Kraton D 1101 thermoplastic elastomer have a higher compressive strength by 1.5–1.6 times.

Key words: open-hearth slag, blast-furnace slag, asphalt slag concrete, strength, density, polymer modifier.

Братчун Валерий Иванович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: физико-химическая механика технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицированных органических вяжущих и комплексного модифицирования структуры бетонов; разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

Ромасюк Евгений Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: получение технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд на основе модифицирования органических вяжущих.

Жеванов Вячеслав Владимирович – соискатель кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: получение технологичных и долговечных дорожных бетонов для строительства конструктивных слоев нежестких дорожных одежд.

Квашук Алексей Васильевич – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

Стоичева Юлия Михайловна – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

Братчун Валерій Іванович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобільних доріг та аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: фізико-хімічна механіка технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів на основі модифікованих органічних в'язучих і комплексного модифікування структури бетонів; розробка ефективних технологій переробки техногенної сировини в компоненти композиційних матеріалів.

Ромасюк Євген Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг та аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: отримання технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорсткого дорожнього одягу на основі модифікування органічних в'язучих.

Жеванов В'ячеслав Володимирович – здобувач кафедри автомобільних доріг та аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: отримання технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівництва конструктивних шарів нежорстких дорожніх одягів.

Квашук Олексій Васильович – магістрант кафедри автомобільних доріг та аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розробка ефективних технологій переробки техногенної сировини в компоненти композиційних матеріалів.

Стоїчева Юлія Михайлівна – магістрант кафедри автомобільних доріг та аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розробка ефективних технологій переробки техногенної сировини в компоненти композиційних матеріалів.

Bratchun Valery – D. Sc. (Eng.), Professor, the Head of the Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: physical and chemical mechanics of technological and lasting road concretes for building of structural layers of non-rigid road coats on the basis of modification of organic

astringent and complex microstructure modification of concretes; development of effective technologies of processing of technogenic raw material in to the components of compositional materials.

Romasyuk Evgeny – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: receipts of technological and durable road concrete for building of structural layers of non-rigid road clothes on the basis of retrofitting of organic astringent.

Zhevanov Vyacheslav – the applicant, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: getting-tech and durable road concretes for building structural layers of non-rigid pavements.

Kvashuk Alexey – Master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of effective technologies for processing man-made materials in the components of the composite materials.

Stoicheva Yulia – Master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of effective technologies for processing man-made materials in the components of the composite materials.

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 ударопрочности 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 пластрасфоров. 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 «Дайниппон 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 натра. 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 дифенилметана 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 дифенилметанов 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 дифенилметана 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_v 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	$B \cdot 10^4$	$\tau_{гел}$, мин	
				при 20 °С	при 60 °С
ЭДФМ-22	82,12	14,73	430	135	3
	67,46	13,14	376	133	4
ЭДФМ-24	48,60	9,19	250	73	7
	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_a и σ_a 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
$\sigma_{ост}$, 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 КОМПОЗИТИ 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.

УДК 677.017

Д. П. ЛОЙКО, В. Н. КИБЗУН, Н. П. НАГОРНАЯ

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

**ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТКАНЕЙ С ПОЛИМЕРНЫМ
АДГЕЗИВОМ**

Аннотация. Текстильные материалы в процессе эксплуатации подвергаются воздействию влаги, перепада температур, действию тепла, кислорода воздуха и ультрафиолета. Под их влиянием происходят существенные изменения в материалах, они изменяют свою износостойчивость и быстро разрушаются. Поэтому исследования кинетики и механизма износа тканей под влиянием вышеуказанных факторов представляет научный и практический интерес. Это особенно важно для тканей специального назначения, предназначенных для спецодежды рабочих. Настоящая работа посвящена исследованию факторов износа тканей специального назначения с полимерным покрытием для спецодежды рабочих угольных предприятий.

Ключевые слова: ткани, тепловые процессы, полимерное покрытие, адгезия.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Многие ткани, особенно специального назначения, в процессе эксплуатации подвергаются воздействию инсоляционных процессов. В результате ткани стареют, изменяя свои свойства под воздействием тепла, света, влаги, кислорода воздуха, механических деформаций и других факторов. Такие процессы особенно ярко проявляются в тканях специального назначения с полимерным покрытием, которые используются в производстве спецодежды для ряда профессий. В связи с этим возникла настоятельная необходимость в изучении влияния тепловых процессов, имеющих место при сушке, на изменение свойств тканей с полимерным покрытием. В качестве объектов исследования были взяты ткани серийного производства, которые по своим свойствам более устойчивы к изложенным выше факторам, нежели применяемые. Исходя из этого для исследования были взяты восемь наименований тканей, которые по структуре, волокнистому составу и другим показателям соответствовали, хотя бы одному признаку, предъявляемым требованиям [1]. Волокнистый состав и структурные показатели представлены в табл. 1.

Сушка опытных тканей производилась в течение 12 часов при температуре 50, 60 и 80 °С. Критериями оценки теплового процесса были использованы количественные показатели прочности при растяжении, жесткость и адгезия.

Данные изменения прочности при растяжении представлены в табл. 2 и на рис. 1–3. Как показывают полученные данные, сушка оказывает заметное влияние на изменение прочности как в основном, так и в уточном направлениях. Прочность по основе у систем, где в качестве текстильной подложки были использованы различные структуры репсов, падает.

Снижение прочности по основе у репсов, отличающихся плотностью и имеющих одинаковое покрытие, под воздействием тепла при одной и той же температуре разное [2].

Так, при сушке опытных образцов в течение 12 ч при температуре 50 °С снижение прочности по основе составляет: для репса вар. 1 – 8,93 %, вар. 3 – 15,16 % и 4 – 5,10 %.

Аналогичные изменения наблюдаются и при сушке образцов при температуре 60 и 80 °С. Интересно проследить, как влияет повышение температуры сушки на изменение прочности по основе.

Таблица 1 – Волокнистый состав и технические показатели исследуемых тканей

Вид ткани	Волокнистый состав		Линейная плотность пряжи (нитей), текс		Число нитей на 100 мм		Поверхностная плотность, г/м ²	Переплетение
	по основе	по утку	по основе	по утку	по основе	по утку		
1. Репс хлопчатобумажный	пр х/б 100	пр х/б 100	18,5×2	76,9	326	136	258,0	Репсовое
2. Репс	пр х/б 100	пр х/б 100	18,5×2	76,9	327	121	242,2	Репсовое
3. Репс	пр х/б 100	пр х/б 100	18,5×2	76,9	329	119	240,0	Репсовое
4. Репс	пр х/б 100	пр х/б 100	18,5×2	76,9	330	105	230,0	Репсовое
5. Ткань хлопко-лавсановая	пр х/б 67 ВЛс33	пр х/б 67 ВЛс33	18,5×2	18,5×2	329	116	189,0	Полотняное
6. Ткань лавсановая (лавсан в нитях)	пр х/б 67 ВЛс33	пр х/б 100	29,4×2	76,9	180	120	232,0	Полотняное
7. Ткань лавсановая (лавсан в нитях)	прх/б 60 НЛс 40	пр х/б 100	18,5+27,8×2	76,9	179	117	247,2	Полотняное

Таблица 2 – Изменение прочности испытуемых отрезков тканей с полимерным покрытием при растяжении под действием тепла

Номера вариантов	Прочность на разрыв даН/м (до сушки)		Прочность на разрыв после сушки образцов при температуре, даН/м					
			50 °С		60 °С		80 °С	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	по основе	по утку	по основе	по утку	по основе	по утку	по основе	по утку
1	52,39	36,49	47,68	48,27	47,97	45,42	50,13	30,12
2	57,58	35,12	48,85	38,85	51,60	36,89	52,09	28,84
3	55,72	34,63	50,91	36,30	45,91	32,06	66,12	27,86
4	49,93	49,34	47,38	37,47	40,52	43,65	51,70	30,80
5	53,27	14,81	54,45	15,40	49,64	15,21	46,70	13,24
6	67,59	38,26	44,34	33,35	45,52	29,43	42,97	26,98
7	201,11	57,68	141,26	36,79	133,42	37,87	192,28	50,62
ЛГН-566 (прорезиненная ткань)*	26,19	20,31	24,72	20,20	25,80	20,80	26,09	18,54

*Примечание: ЛГН-566 базовый образец в данных исследованиях.

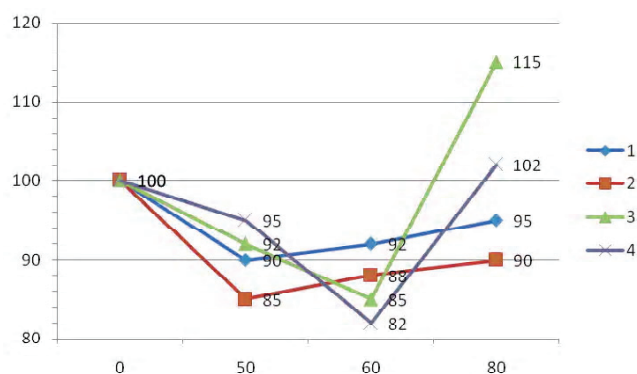


Рисунок 1 – Изменение прочности тканей (репсы) с полимерным покрытием по основе под действием тепла: вар. 1. 2. 3. 4.

Оказывается, что при сушке опытных образцов репсов с полимерным адгезивом до 50 °С идет снижение прочности по основе. В дальнейшем, т. е., при повышении температуры сушки до 60 и 80 °С, величина снижения прочности по основе уменьшается, а для некоторых репсов наблюдается даже увеличение.

Например, для первых двух вариантов репсов понижение прочности в зависимости от температуры сушки составляет соответственно: при температуре 50 °С – 8,98 и 15,16 %, при температуре 60 °С – 8,42 и 10,39 %, и при температуре 80 °С – 4,3 и 9,54 %. Для следующих двух вариантов репсов с полимерным покрытием наблюдаются подобные изменения, а при температуре 80 °С происходит даже увеличение прочности по основе.

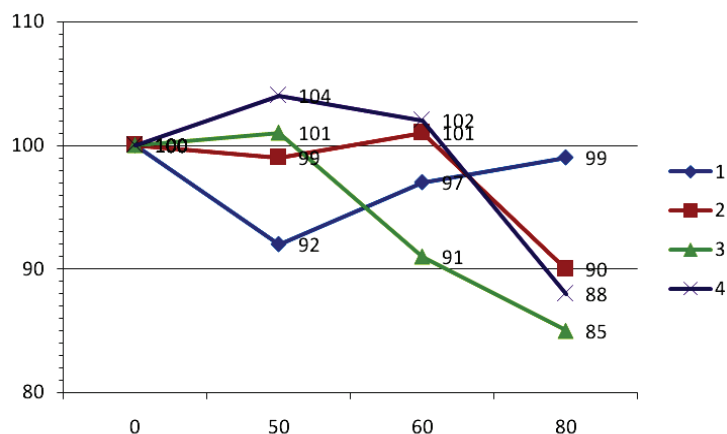


Рисунок 2 – Изменение прочности тканей ЛГН-566 и вар. 5 под действием тепла (от 0 до 80 °C): 1, 2 – ЛГН по основе и утку; 3, 4 – вар. 5 по основе и утку.

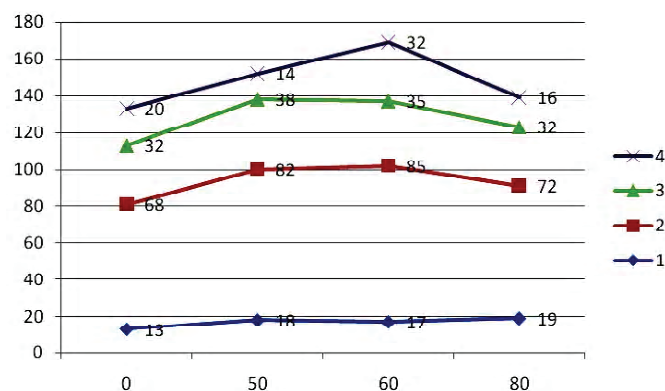


Рисунок 3 – Изменение относительного удлинения тканей (%) ЛГН-566 и вар. 5 под действием тепла (от 0 до 80 °C): 1, 2 – ЛГН-566 по основе и утку; 3, 4 – вар. 5 по основе и утку.

Изменение прочности по утку также находится в зависимости от плотности текстильных субстратов и величины температуры сушки. Однако здесь изменения носят несколько другой характер [3].

Сушка при температуре 50 °C для большинства образцов вызывает не уменьшение прочности, как это наблюдалось по основе, а наоборот, увеличение. Так, для ткани вар. 1 увеличение прочности в уточном направлении составляет 32,25 %, для репса вар. 2-го – 10,6 %, для вар. 3 – 4,8 %. Дальнейшее повышение температуры до 60 °C у первых двух вариантов репса увеличивает прочность в уточном направлении соответственно на 24,46 и 5,02 %, а у следующих двух – снижает на 5,69 % (вар. 3) и 11,53 % (вар. 4). Сушка при 80 °C у всех репсов в уточном направлении вызывает снижение прочности. Подобные изменения наблюдаются и в контрольных образцах – ЛНГ-566.

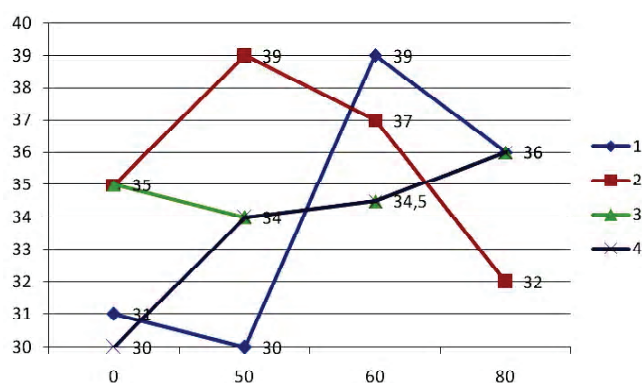
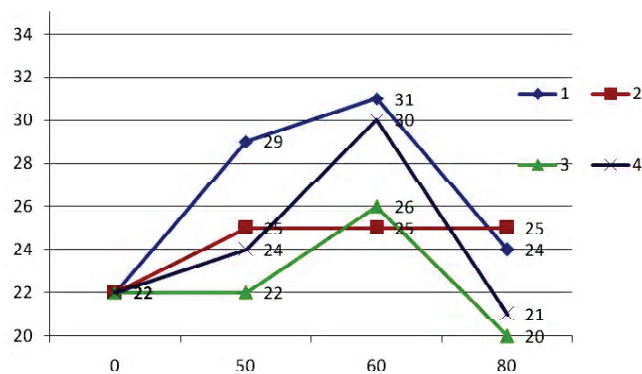
Введение в основу и уток лавсана (вар. 5) несколько стабилизирует разрывные характеристики системы в целом, т. е. размах изменения свойств под влиянием сушки меньше, чем у хлопчатобумажных репсов. Однако увеличение содержания лавсана в тканях, а также введение его в виде нитей ускоряет процесс старения. Так, в ткани вар. 3, где в основу введен лавсан в виде нитей в количестве 40 %, сушка при температуре 50 °C в течение 12 часов понижает прочность по основе на 29,75 %, а по утку – на 36,22 %. При температуре 60 °C прочность по основе у этого варианта ткани понизилась на 33,65 %, при 80 °C снижение составило всего 4,14 %.

В таблице 3 и рис. 3–5 представлены данные изменения относительного удлинения при разрыве в процессе сушки.

Из данных таблицы 3 и рис. 3–5 видно, что удлинение тканей по основе после сушки при различных температурах главным образом увеличивается. Причем с повышением температуры сушки прирост относительного удлинения уменьшается. Так, для репса варианта 2-го увеличение относительного удлинения при температуре 50 °C составляет 5,3 %, при температуре 60 °C – 1,9 % и при температуре 80 °C – 1,5 %, аналогичная картина.

Таблица 3 – Изменение относительного удлинения при разрыве в процессе сушки

Номера вариантов	Относительное удлинение исходных образцов, %		Относительное удлинение в % образцов после сушки					
			50 °С		60 °С		80 °С	
	по основе	по утку	по основе	по утку	по основе	по утку	по основе	по утку
1	36,2	23,2	30,4	28,8	38,5	32,3	34,0	24,0
2	35,3	23,2	38,3	24,6	37,2	25,4	36,8	24,6
3	32,4	22,6	34,2	24,0	34,0	26,0	33,0	19,6
4	35,4	27,4	34,0	24,0	34,0	30,6	36,0	22,0
5	31,8	20,5	38,4	14,8	34,0	18,4	32,2	17,6
6	38,8	17,7	42,0	24,0	40,0	24,0	40,0	24,0
7	42,7	25,0	43,0	26,2	38,6	20,0	46,0	43,0
ЛГН-566	16,0	68,2	17,2	82,0	17,0	84,0	19,4	74,0

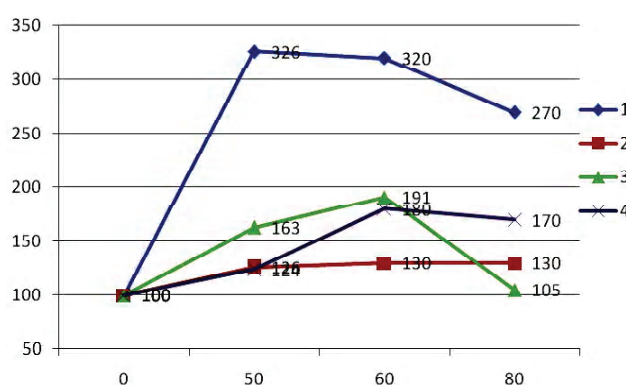
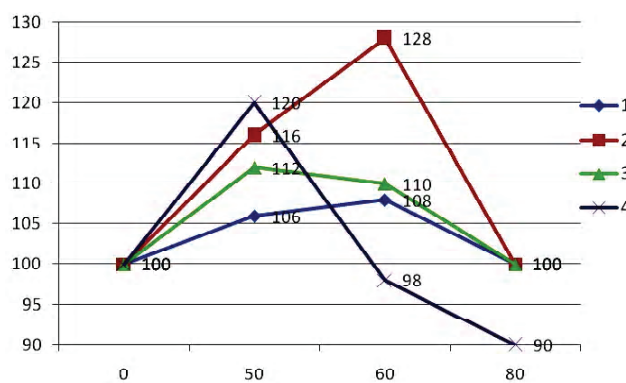
**Рисунок 4** – Изменение относительного удлинения тканей % (репсы) с полимерным покрытием по основе под действием тепла (от 0 до 80 °С): вар. 1, 2, 3, 4.**Рисунок 5** – Изменение относительного удлинения тканей % (репсы) с полимерным покрытием по утку под действием тепла (от 0 до 80 °С): вар. 1, 2, 3, 4.

Что касается изменения относительного удлинения по утку, то здесь наблюдается следующая зависимость. В начале, т. е. при температуре сушки 50 °С, в зависимости от плотности и волокнистого состава текстильных подложек происходит увеличение или падение относительного удлинения. В дальнейшем при повышении температуры до 60 °С во всех случаях происходит увеличение удлинения, а при температуре 80 °С удлинение падает.

Важной характеристикой, отражающей изменение эксплуатационных свойств тканей с полимерным покрытием в процессе теплового старения, является показатель жесткости. Данные изменения этого показателя для испытуемых тканей под действием тепла приведены в таблице 4 и рис. 7–9. Из данных таблицы и рисунков видно, что жесткость всех тканей при сушке в течение 12 часов и температуре 50 °С по основе и утку увеличивается. Однако темпы повышения жесткости неодинаковы для

Таблица 4 – Изменение показателя жесткости для испытуемых образцов тканей при сушке

Номера вариантов	Жесткость до сушки образцов, сН		Жесткость после сушки образцов при температуре, сН					
			50 °С		60 °С		80 °С	
	по основе	по утку	по основе	по утку	по основе	по утку	по основе	по утку
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	6,53	4,67	7,08	5,94	7,24	7,94	6,51	7,08
2	6,55	4,74	7,65	5,96	8,51	6,80	6,51	6,80
3	6,22	4,61	7,08	5,39	7,08	5,10	6,23	5,67
4	5,90	4,21	7,08	6,80	5,71	5,67	5,34	5,94
5	5,43	5,13	8,78	6,51	10,49	9,35	6,21	8,32
6	5,33	4,41	7,65	5,94	7,37	6,67	7,08	5,67
7	9,05	5,45	9,92	5,67	9,06	6,56	9,92	6,80
ЛГН566	6,02	6,81	19,85	9,09	19,00	9,06	16,16	9,06

**Рисунок 6** – Изменение жесткости тканей % ЛГН-566 и вар. 5 под действием тепла (от 0 до 80 °С): 1, 2 – ЛГН-566 по основе и утку; 3, 4 – вар. 5 по основе и утку.**Рисунок 7** – Изменение жесткости тканей % с полимерным покрытием по основе (репсы) под действием тепла (от 0 до 80 °С): вар. 1, 2, 3, 4.

разных по структуре и волокнистому составу тканей [4]. Наблюдается разница в показателях повышения жесткости по основе и утку. По утку во всех видах репсов жесткость увеличилась значительно больше, чем по основе. Например, если жесткость по основе у репса вар. 1 увеличилась на 8,4 %, то по утку этот показатель повысился на 27,3 %. Для репса вар. 4 жесткость увеличилась соответственно на 20,3 % и 61,5 %. Сушка при температуре 60 °С, как правило, способствует дальнейшему повышению жесткости по основе. Последующая сушка при более высокой температуре (80 °С) в ряде случаев приводит к снижению жесткости по отношению к первоначальному показателю.

Что касается жесткости по утку, то здесь тоже наблюдается некоторая тенденция к снижению этого показателя. Однако по отношению к данным исходных образцов, т. е. до сушки, жесткость всё ещё

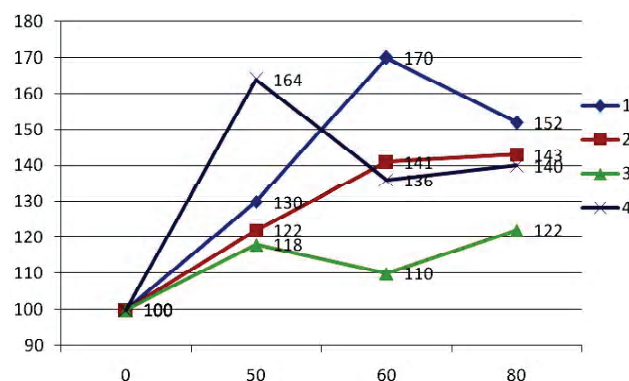


Рисунок 8 – Изменение жесткости тканей % с полимерным покрытием по утку (репсы) под действием тепла (от 0 до 80 °C): вар. 1, 2, 3, 4.

высокая. Так, для репса варианта 4 увеличение жесткости при температуре сушки 80 °C по утку составляет 41,25 %, для репса варианта 3-го – 22,9 %, для репса варианта 1 – 51,6 %, для ткани варианта 5 – 62,1 %. Интересно проследить за изменением адгезии тканей с полимерным покрытием после сушки при различных температурах. Предполагалось, что адгезия под влиянием однократных тепловых воздействий не будет претерпевать значительных изменений. Поэтому кинетика изменения адгезии изучалась на одном образце (вар. 5). Однако опыты опровергли наши первоначальные предположения. Адгезия, как и другие определяемые нами показатели, изменяется. Прочность сцепления текстильного субстрата и полимерного адгезива под воздействием тепла растет. Так, адгезия исходной системы ткань – полимерное покрытие (вар. 5) составляет по основе 9,12 сН/м, по утку, – 8,83 сН/м. После сушки при температуре 50 °C она увеличилась и составила соответственно – 12,46 и 6,98 сН/м; при температуре 60 °C данные показателя составили 9,52 и 11,09 сН/м и при температуре 80 °C прочность сцепления компонентов системы стала равной, по основе – 9,81, и по утку – 10,40 сН/м (рис. 6).

Такое изменение механических свойств систем происходит главным образом под влиянием двух факторов, во-первых, под влиянием тепла и кислорода воздуха происходит деструкция и структурирование полимерного адгезива. Причем деструкция и структурирование могут протекать одновременно и на каком-то этапе взаимно компенсироваться, благодаря чему и возникает видимость стабильности полимера [5]. В зависимости от того, какой из двух процессов преобладает, свойства изменяются по-разному. В нашем случае процесс структурирования полимерного адгезива протекает, очевидно, уже при температуре 80 °C. Во-вторых, изменяется плотность текстильных субстратов по основе и утку, что заметно сказывается на механических свойствах системы ткань – полимерное покрытие.

ВЫВОДЫ

1. Сушка оказывает существенное влияние на изменение физико-механических свойств системы ткань – полимерное покрытие:

- прочность системы в основном направлении под воздействием одноразовых сушек понижается, величина снижения прочности находится в зависимости от плотности текстильных подложек;
- повышение температуры сушки уменьшает величину снижения прочности систем по основе;
- сушка при температуре 50 °C для большинства тканей в уточном направлении вызывает увеличение прочности, дальнейшее повышение температуры до 80 °C снижает прочность тканей по утку;
- введение в основу и уток лавсана несколько стабилизирует разрывные характеристики системы, т. е. размах изменения свойств под влиянием сушки меньше, чем у хлопчатобумажных репсов;
- увеличение содержания лавсана в тканях вначале приводит к понижению прочности, а затем к её увеличению;
- удлинение тканей по основе после сушки при различных температурах главным образом увеличивается, при этом с повышением температуры сушки процент увеличения относительного удлинения уменьшается.

2. Жесткость всех испытуемых тканей в процессе сушки увеличивается. Однако величина повышения жесткости после сушки находится в зависимости от структуры и волокнистого состава тканей:

- жесткость тканей по утку во всех случаях увеличилась значительно больше, чем по основе;
- сушка при температуре до 80 °С в ряде случаев приводит к снижению жесткости по отношению к первоначальному показателю, исключение составляют хлопколавсановые ткани;
- прочность сцепления текстильного субстрата и полимерного адгезива под воздействием тепла растет до определенного предела.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шаршов В.С. Оценка износа тканей в одежде специального назначения [Текст] : (для шахтеров) : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. тех. наук / (394) Шаршов Виктор Семенович / Ленингр. ин-т текстильной и легкой пром-сти им. С. М. Кирова. – Ленинград : [б. и.], 1972. – 26 с.
2. Кибзун, В. Н. Исследование эксплуатационных свойств водонепроницаемых тканей для спецодежды шахтеров [Текст] : автореф. дис. на соиск. учен. степ. к. т. н. : специальность 05.19.08 «Товароведение промышленных товаров и сырья легкой промышленности» / Кибзун Валентина Николаевна. – [М. : Институт народного хозяйства им. Г. В. Плеханова]. – 1987. – 24 с.
3. Петкевич, Е. В. Исследование эксплуатационных свойств льняных тканей [Текст] / Е. В. Петкевич, Н. П. Гарская, Н. Н. Бодяло // Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности : материалы международной научной конференции (ноябрь 2011 г., г. Витебск): в 2 ч. – Ч. 1 / УО «ВГТУ». – Витебск [б. и.], 2011. – С. 222–224.
4. Смирнова Н. А. Прогнозирование упругих свойств костюмно-плательных льняных тканей в условиях эксплуатации [Текст] / Н. А. Смирнова, В. В. Лапшин, А. В. Горелова, Л. В. Воронова // Международ. науч.-техн. конф. «Актуальные проблемы переработки льна в современных условиях» (Лен-2004). – Кострома: КГТУ, 2004. – С. 70–71.
5. Сокова Г.Г. Развитие теории и практики проектирования льняных тканей [Текст] : монография / М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Костромской гос. технологический ун-т. – Кострома : Изд-во КГТУ, 2007. – 123 с.

Получено 06.12.2018

Д. П. ЛОЙКО, В. М. КИБЗУН, Н. П. НАГОРНА ВПЛИВ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ НА ЗМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТКАНИН З ПОЛІМЕРНИМ АДГЕЗИВОМ

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

Анотація. Текстильні матеріали в процесі експлуатації піддаються впливу вологи, перепаду температур, дії тепла, кисню повітря і ультрафіолету. Під їх впливом відбуваються істотні зміни в матеріалах, вони змінюють свою зносостійкість і швидко руйнуються. Тому дослідження кінетики і механізму зносу тканин під впливом вищезазначених факторів становить науковий і практичний інтерес. Це особливо важливо для тканин спеціального використання, призначених для спецодягу робітників. Дана робота присвячена дослідженню факторів зносу тканин спеціального призначення з полімерним покриттям для спецодягу робітників вугільних підприємств.

Ключові слова: тканини, теплові процеси, полімерне покриття, адгезія.

DMITRY LOIKO, VALENTINA KIBZUN, NINA NAGORNAYA THE EFFECT OF THERMAL PROCESSES ON THE CHANGE OF THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF FABRICS WITH POLYMERIC ADHESIVE

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

Abstract. Textile materials in operation are exposed to moisture, temperature changes, heat, air oxygen and ultraviolet. Under their influence, there are significant changes in materials, they change their durability and quickly destroyed. Therefore, the study of the kinetics and mechanism of tissue wear under the influence of the above factors is of scientific and practical interest. This is especially important for special-purpose fabrics designed for workwear. This work is devoted to the study of the wear factors of special purpose fabrics with polymer coating for working clothes of coal enterprises.

Key words: fabrics, thermal processes, polymer coating, adhesion.

Лойко Дмитрий Петрович – 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: исследование потребительных свойств пластмасс, клеев и текстильных товаров.

Кибзун Валентина Николаевна – 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: исследование потребительных свойств одежно-обувных товаров.

Нагорная Нина Павловна – 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: разработка эффективных технологий переработки техногенного сырья в компоненты композиционных материалов.

Лойко Дмитро Петрович – 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: дослідження споживчих властивостей пластмас, клеїв і текстильних товарів.

Кібзун Валентина Миколаївна – 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: дослідження споживчих властивостей одягово-взуттєвих товарів.

Нагорна Ніна Павлівна – 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: розробка ефективних технологій переробки техногенної сировини у компоненти композиційних матеріалів.

Loiko Dmitry – 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: research of consumer properties clothing – footwear products.

Kibzun Valentina – 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: research of consumer properties clothing – footwear products.

Nagornaya Nina – 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: development of effective technologies of processing of technogenic raw material in composition materials.

УДК 547.541

З. З. МАЛИНИНА^а, О. Н. ШЕВЧЕНКО^а, Ю. Ю. МАЛИНИН^б^а ГОУ ВПО «Донецкая национальная академия строительства и архитектуры», ^б Донецкое областное клиническое территориальное медицинское объединение, Донецк

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕНЗИЛИДЕНАНИЛИНОВ И ИХ ПОЛИМЕРНЫХ АНАЛОГОВ В ОРГАНИЧЕСКОМ РАСТВОРИТЕЛЕ

Аннотация. Изучены физико-химические характеристики мономерных азометинов, их полимерных аналогов и низкомолекулярных модельных соединений, полученных на основе замещённых ароматических аминов и альдегидов в неводных растворителях: основность, полная обменная ёмкость по водороду, ИК- и УФ- спектры, способность к комплексообразованию. Измерены рKa методом полунейтрализации в диметилформамиде. Исследованы электронные эффекты, влияние заместителей на характеристики азометинов с помощью σ -постоянных Джаффе; установлены корреляционные зависимости. Определена полная обменная ёмкость полиазометинов по водороду (ПОЕ_H^+) методом обратного потенциометрического титрования, установлены корреляционные зависимости ПОЕ_H^+ от σ -констант заместителей. Изучены УФ- и ИК-спектры моно- и полиазометинов и их комплексов с ионами Cu^{2+} . Установлены особенности влияния заместителей на положение полос поглощения в УФ- и ИК-спектрах.

Ключевые слова: азометин, полиазометин, низкомолекулярные модельные соединения, неорганический растворитель, УФ- и ИК-спектры, основность, ПОЕ (полная обменная ёмкость), комплексообразование.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Исследование физико-химических свойств азометинов, полиазометинов и их комплексов с ионами металлов в неводных средах является продолжением более ранних работ по количественному изучению реакций их образования [1–5], поскольку бензилиденанилины имеют большое практическое значение, особенно полиазометины, широко используемые для структурного окрашивания бетонных конструкций и в качестве комплексообразователей. Представилось целесообразным исследовать свойства оснований Шиффа для выяснения их зависимости от природы и места введения заместителя в бензольное кольцо, сопровождающегося образованием либо единой сопряжённой системы, либо локализацией сопряжения на амминной и бензилиденовой компонентах, либо образованием тех или других структур с различной степенью вклада, что сильно сказывается на связи $\text{C}=\text{N}$. Представило также интерес проведение подобных изысканий в органических средах.

Целью работы является изучение физико-химических свойств мономерных и полимерных азометинов, полученных на основе замещённых анилина и бензальдегида, с целью их использования для окраски конструкций из бетона и в качестве комплексообразователей.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методом полунейтрализации определены в ДМФА (диметилформамиде) константы основности ряда замещённых бензилиденанилинов (табл. 1) и проведена их корреляция с помощью σ -констант Джаффе (табл. 2).

Таблица 1 – Константы ионизации соединений типа $R_1C_6H_4 - C = NH - C_6H_4R_2$

$\begin{matrix} R_1 \\ \backslash \\ R_2 \end{matrix}$	pKa		
	$-CH_2-CH_3$	$-CH=CH_2$	$-CH-CH_2-$
n – NO ₂	9,0 ± 0,1	8,9 ± 0,1	8,1 ± 0,1
n – Cl	9,5 ± 0,1	9,3 ± 0,1	8,3 ± 0,1
H	9,6 ± 0,1	9,3 ± 0,1	8,3 ± 0,1
n – N(CH ₃) ₂	10,0 ± 0,1	9,6 ± 0,1	8,4 ± 0,1

Таблица 2 – Реакционные константы и корреляционные коэффициенты для кислотной ионизации сопряженных кислот полиазометинов, их мономерных аналогов и низкомолекулярных модельных соединений

Реакционная серия	ρ	r
I $R_1C_6H_4 - CH = N - C_6H_4R_2$	0,22	0,951
II $R_1C_6H_4 - CH = N - C_6H_4R_2$	0,49	0,974
III $R_1C_6H_4 - CH = N - C_6H_4R_2$	0,73	0,982

$R_1 = n - NO_2$; $n - Cl$; H; $n - N(CH_3)_2$; $R_2 = -CH-CH_2-$; $-CH=CH_2$; $-CH_2-CH_3$.

pKa сопряженных кислот азометинов в каждой из реакционных серий I–III (табл. 1) коррелируются с σ -константами заместителей (R), что свидетельствует о наличии сопряжения с реакционным центром – иминным азотом. Точность корреляции иллюстрируется данными таблицы 2. Небольшая разница в значениях pKa азометинов в каждой из реакционных серий, сравнительно низкие значения констант чувствительности реакций (ρ) свидетельствуют о слабом электронном влиянии заместителей, находящихся в п-положении альдегидного фрагмента. Это явление может быть связано с частичным сохранением эффекта прямого полярного сопряжения заместителей (R) с реакционным центром, наличие которого обусловлено неплоским строением молекул азометинов, в котором реализуется сопряжение неподеленной пары электронов (n) с π – системой аминного кольца. Такое сопряжение приводит к увеличению эффективной электроотрицательности иминного азота и вызывает дополнительное смещение π – электронов альдегидного ядра на азометиновый мостик.

Сравнение корреляционных зависимостей для всех серий (таблица 2) исследованных азометинов показывает, что тенденция увеличения основности азометинов с введением электронодонорного заместителя в п-положение альдегидного фрагмента и ее уменьшения с введением электроноакцепторного заместителя в это же положение сохраняется для всех трех типов соединений. В то же время различный наклон корреляционных кривых свидетельствует о том, что это влияние для различных реакционных серий неоднотипно. Происходит сглаживание электронного влияния заместителей при переходе от низкомолекулярного модельного соединения к мономеру и далее к полимеру. Уменьшение влияния заместителей в альдегидном кольце при переходе от модельного соединения к мономеру, вероятно, связано с введением в п-положение аминной компоненты менее сильного донора по сравнению с этильной группой. В то же время сравнительно небольшие отличия в значениях pKa для модельных соединений и мономерных аналогов позволяют сделать предположение о том, что влияния винильной и этильной групп сравнимы и винильная группа обладает донорным характером. Однако причинами столь малых различий в значениях pKa для мономеров и низкомолекулярных аналогов могут быть: и удлинение общей цепи сопряжения при введении винильной группы в п-положение аминного ядра, и вызванная этим делокализация (n) электронов азота, и, возможно, при донорном характере винильной группы, увеличение электронной плотности на π_n -орбитали, также ответственной за основность азометинов.

Тенденция к сглаживанию электронных влияний заметнее всего наблюдается у полиазометинов, что, по-видимому, связано с нивелирующим действием полимерной природы этих соединений, выражающемся: в появлении эффектов различного характера, усредняющих константу диссоциации (электрических, стерических, соседа, межмолекулярного взаимодействия и т. д.); в проявлении влияния гетерогенности процесса, полидисперсности исследуемых веществ, повышенной плотности структуры, затрудняющей протонизацию и т. д.

Методом обратного потенциометрического титрования в ДМФА определены значения полной обменной емкости полиазометинов по водороду (ПОЕ_{н+}). Знание этих величин позволяет косвенно

судить о комплексообразующей способности изучаемых соединений. Для определения ПОЕ_{H^+} навеску исследуемого полимера (0,04 г) заливали 0,01 н раствором HCl в ДМФА и выдерживали в течение двух суток до установления равновесия. Затем раствор отфильтровывали от осадка и оттитровывали 0,01 н раствором NaOH . Поскольку растворимость полиазометинов в ДМФА крайне низка, при расчете ПОЕ_{H^+} пренебрегали той частью полимера, которая ушла в раствор и использовали упрощенную формулу:

$$\text{ПОЕ}_{\text{H}^+} = \frac{V(C_{\text{H}1} - C_{\text{H}2})}{g},$$

где v – объем 0,01 н раствора HCl , мл;
 $C_{\text{H}1}$ и $C_{\text{H}2}$ – исходная и равновесная (рассчитывается с помощью кривой титрования) концентрации HCl , мэкв/л;
 g – навеска исследуемого полимера, г.

Экспериментальные результаты определения ПОЕ_{H^+} представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Полная обменная емкость полиазометинов по водороду

Заместитель в альдегидной компоненте	Объем 0,01 н раствора HCl , мл	$C_{\text{H}1}$, мэкв/л	$C_{\text{H}2}$, мэкв/л	ПОЕ_{H^+} , мэкв/л	
				эксперимент	расчет
$\text{p} - \text{NO}_2$	25	0,0099	0,0027	4,5	4,71
$\text{p} - \text{Cl}$	25	0,0099	0,0049	3,1	3,03
H	25	0,0099	0,0034	4,1	4,17
$\text{p} - \text{N}(\text{CH}_3)_2$	50	0,0099	0,0049	6,2	5,97

Как видно из представленной таблицы, донорные заместители снижают, а акцепторные заместители увеличивают ПОЕ_{H^+} . Поскольку молярные массы заместителей $\text{p} - \text{NO}_2$ и $\text{p} - \text{N}(\text{CH}_3)_2$ близки, то наблюдаемый эффект нельзя приписать изменению молекулярных масс исследуемых полиазометинов, и он, видимо, имеет электронную природу. Действительно, корреляционная зависимость ПОЕ_{H^+} от b – констант заместителей имеет место:

$$\text{ПОЕ}_{\text{H}^+} = (-0,235 \pm 0,160) b^0 + (0,673 \pm 0,008)$$

$$(n = 4; r = 0,991; s_0 = 0,014)$$

Рассчитанные по данной корреляционной зависимости значения величин ПОЕ_{H^+} сопоставимы с экспериментальными данными (таблица 3).

Изучены УФ – спектры шиффовых оснований и их комплексов с ионами Cu^{2+} спектрофотометрическим методом в растворах ДМФА при концентрации полимеров от $5,7 \cdot 10^{-4}$ до $4,56 \cdot 10^{-3}$ М. В случае комплексов азометинов с ионами Cu^{2+} записаны дифференциальные спектры поглощения при широком изменении концентрации Cu^{2+} (избыток более 20 раз). Соединения без заместителя в p -положении бензольного кольца альдегидной компоненты имеют спектр поглощения, сходный со спектром бензилиденанилина. Длинноволновая полоса поглощения вблизи 300–320 нм принадлежит в основном $\pi - \pi^*$ переходам общей сопряженной системы. Установлено, что с изменением природы заместителя в p -положении аминной компоненты несколько меняется положение максимума и в значительной степени его интенсивность. Введение в p -положение бензилиденового ядра электроноакцепторной NO_2 – группы приводит к батохромному сдвигу полос поглощения до 365 нм.

Эта полоса, характерная для всех сопряженных систем, с изменением заместителя в p -положении аминной компоненты незначительно меняет свою интенсивность и положение. Сильнее сказывается влияние этих заместителей на коротковолновой полосе поглощения, которая у модельного азометина имеет максимум вблизи 300 нм, в то время, как у соединений с винильной группой и полиазометина явный максимум отсутствует. Введение электронодонорной $\text{N}(\text{CH}_3)_2$ – группы в альдегидную компоненту существенно меняет характер кривых поглощения. В этом случае наблюдается наибольшее приближение к компланарности, причем длинноволновая полоса является батохромно смещенной K_6 – полосой, аналогичной полосам $\pi - \pi^*$ перехода в $\text{XC}_6\text{H}_4 - \text{CH} = \text{N}(\text{CH}_3)_2$ ($\text{X} = \text{H}; \text{N}(\text{Me})_2; \text{NO}_2$). Влияние природы заместителя в аминной компоненте (переход от этила к винилу и полимерной алкильной цепи) на спектр поглощения в этом случае более ощутимо, чем в азометинах с

$R = NO_2$. Таким образом, установлено, что спектры высокомолекулярных азометиновых соединений имеют в основном те же полосы поглощения, что и низкомолекулярные соединения.

Получены ИК – спектры азометинов, полиазометинов и их комплексов с ионами Cu^{2+} на спектрофотометре UR – 20, в области $400 - 5\,000\text{ см}^{-1}$ на призмах NaCl и LiF. Спектры снимались в таблетках с бромистым калием. Частоты характеристических колебаний $C=N$ и NO_2 – групп изученных соединений представлены в таблице 4.

Сопоставлением характеристических частот установлено, что полосы поглощения группы $C = N$

Таблица 4 – Характеристики некоторых полос поглощения в ИК – спектрах шиффовых оснований

№ п/п	Соединение	$\nu_{C=N},$ см^{-1}	$\nu_{NO_2}, \text{см}^{-1}$	
			симметр.	ассим.
1	$p\text{-}C_2H_5C_6H_4 - N = CHC_6H_5$	1 643		
2	$p\text{-}C_2H_5C_6H_4 - N = CHC_6H_4Cl\text{-}п$	1 630		
3	$p\text{-}C_2H_5C_6H_4 - N = CHC_6H_4NO_2\text{-}п$	1 605	1 328	1 530
4	$p\text{-}C_2H_5C_6H_4 - N = CHC_6H_4N(CH_3)_2\text{-}п$	1 618		
5	$p\text{-}CH_2 = CHC_6H_4 - N = CHC_6H_5$	1 616		
6	$p\text{-}CH_2 = CHC_6H_4 - N = CHC_6H_4Cl\text{-}п$	1 627		
7	$p\text{-}CH_2 = CHC_6H_4 - N = CHC_6H_4NO_2\text{-}п$	1 602	1 348	1 527
8	$p\text{-}CH_2 = CHC_6H_4 - N = CHC_6H_4N(CH_3)_2\text{-}п$	1 612		
9	$p\text{-}CH_2 - CHC_6H_4 - N = CHC_6H_5$	1 631		
10	$p\text{-}CH_2 - CHC_6H_4 - N = CHC_6H_4Cl\text{-}п$	1 630		
11	$p\text{-}CH_2 - CHC_6H_4 - N = CHC_6H_4NO_2\text{-}п$	1 603	1 550	1 530
12	$p\text{-}CH_2 - CHC_6H_4 - N = CHC_6H_4N(CH_3)_2\text{-}п$	1 623		

слабо зависят от природы заместителя в аминной компоненте у азометинов, замещенных в бензилидене в кольце хлором, нитро – или диметиламиногруппой в p – положении к азометиновой группировке. Переход от этила к винилу и к полимерной матрице в аминном кольце приводит к незначительному сдвигу максимума полосы $\nu_{C=N}$: 1605, 1 602, 1603 см^{-1} – соединения с нитрогруппой (3, 7, 11); 1 630, 1 627, 1 630 см^{-1} – соединения с хлор-заместителем (2, 6, 10); 1 618, 1 621, 1 613 см^{-1} – соединения с диметиламиногруппой (4, 8, 12). Наиболее существенные сдвиги полос наблюдаются только у соединений 1, 5, 9, у которых в бензилидене в кольце отсутствует заместитель. Бензилиден – p -аминостирол имеет довольно низкое значение максимума полосы поглощения $\nu_{C=N}$, равное 1 616 см^{-1} . Замена винильного радикала на этильный приводит к смещению максимума до 1 643 см^{-1} . У соответствующего полимерного аналога полоса поглощения имеет максимум при 1 631 см^{-1} . Следовательно, введение заместителя в p -положение бензилиденевого кольца (Cl , NO_2 , $N(CH_3)_2$) уменьшает степень сдвига полосы $\nu_{C=N}$ при переходе от винильного мономера соответственно к полимерному аналогу и низкомолекулярному модельному соединению в сравнении с незамещенным, для которого влияние такого перехода существенно сказывается на сдвиге полос в сторону увеличения частоты колебания. Несколько иное положение наблюдается при изменении природы заместителя в аминной компоненте азометина.

Переход от бензилиден- p -аминостирола к p -хлорбензилиден- p -аминостиролу приводит к увеличению частоты $\nu_{C=N}$ от 1 616 до 1 627 см^{-1} , а с переходом к p -диметиламино- и p -нитробензилиден- p -аминостиролу частота колебаний уменьшается до 1 612 и 1 602 см^{-1} соответственно. В серии измерений (1–4) с этильным радикалом и (9–12) полимерной алкильной цепью в аминной компоненте характер сдвигов полос в указанных переходах аналогичен, за исключением азометинов с хлор-заместителем, максимумы полос поглощения которых несколько меньше или практически совпадают с частотами максимумов незамещенных по бензилидене ядру азометинов 1 и 9. Введение заместителя в p -положение бензольного кольца бензилиденевого компонента, благодаря наличию сопряжения с азометиновой группой, заметно сказывается на значении максимума полосы поглощения этой группы во всех трех сериях соединений (с этилом, винилом и полимерным алкилом в аминной компоненте). Причем введение сильных электронодонорных и электроноакцепторных заместителей в p -положение бензилиденевого компонента локализует сопряжение только на этой компоненте и нарушает общую цепь сопряжения. Вероятно, по этой причине варьирование заместителей в p -положении аминной компоненты слабо отражается на положении максимума поглощения $\nu_{C=N}$. Следовательно, отсутствие локализации сопряжения на бензилиденевого компонента вскрывает электронное влияние заместителей в аминной

компоненте. В этом случае сдвиг полосы поглощения $\nu_{\text{C=N}}$ при изменении природы заместителя в п-положении аминной компоненты ярко выражен (азометины 1, 5, 9) и свидетельствует о том, что в этих соединениях более предпочтительна единая цепь сопряжения.

Отмечено, что валентные колебания нитрогруппы при переходе от мономера к полимеру практически изменений не претерпевают, что также свидетельствует об отсутствии сопряжения между нитрогруппой и $\text{C}=\text{N}$ - группой в этих соединениях.

Методом гравиметрического анализа исследована комплексообразующая способность азометин-ов. Результаты представлены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 – Результаты гравиметрического анализа и расчета эффективных координационных чисел шиффовых оснований

№ п/п	Вещество $\text{R}_1\text{C}_6\text{H}_4\text{-N}=\text{CHC}_6\text{H}_4\text{R}_2$		$m(\text{комплекса}),$ г	$m(\text{Cu}_2\text{O}),$ г	$m(\text{Cu}),$ г	M_L	n
	R_1	R_2					
1	$-\text{CH}=\text{CH}_2$	H	0,2643	0,0348	0,03093	207,00	1,9720
2	$-\text{CH}-\text{CH}_2-$ 	H	0,4902	0,0200	0,01780	205,30	7,9270
3	$-\text{CH}=\text{CH}_2$	Cl	0,3366	0,0394	0,03502	239,77	2,0022
4	$-\text{CH}-\text{CH}_2-$ 	Cl	0,2060	0,0153	0,01360	239,77	3,4700
5	$-\text{CH}=\text{CH}_2$	NO_2	0,4335	0,0489	0,04346	250,30	2,0110
6	$-\text{CH}-\text{CH}_2-$ 	NO_2	0,3238	0,0115	0,01020	250,30	7,5800
7	$-\text{CH}=\text{CH}_2$	$\text{N}(\text{CH}_3)_2$	0,2680	0,0306	0,02720	248,30	1,9900
8	$-\text{CH}-\text{CH}_2-$ 	$\text{N}(\text{CH}_3)_2$	0,48953	0,0501	0,04450	248,300	2,2910

$m(\text{комплекса})$ – масса комплекса меди, г; $m(\text{Cu})$ – масса меди, содержащаяся в $m(\text{комплекса})$, г; M_L – молярная масса лиганда (азометина), г·моль⁻¹; n – координационное число.

Таблица 6 – ИК-спектры комплексных соединений полимерных, мономерных азометин-ов и их низкомолекулярных модельных аналогов с ионами двухвалентной меди

№ п/п	Вещество $\text{R}_1\text{C}_6\text{H}_4\text{-N}=\text{CHC}_6\text{H}_4\text{R}_2$		$\nu_{\text{C=N}},$ см ⁻¹	Интенсивность	$\nu_{\text{компл.}},$ см ⁻¹	Интенсивность	$\Delta\nu_{\text{компл.}},$ см ⁻¹	σ_R
	R_1	R_2						
1	$\text{p-CH}=\text{CH}_2$	H	1 616	слабая	1 638	сильная	+22	0,000
2	p-CH-CH_2- 	H	1 631	слабая	1 648	сильная	+17	
3	$\text{p-CH}=\text{CH}_2$	p-Cl	1 627	сильная	1 669	сильная	+42	
4	$\text{p-CH}_2-\text{CH}_3$	p-Cl	1 630	сильная				0,227
5	p-CH-CH_2- 	p-Cl	1 630	сильная	1 670	средняя	+40	
6	$\text{p-CH}=\text{CH}_2$	p- NO_2	1 602	слабая	1 651	сильная	+49	
7	$\text{p-CH}_2-\text{CH}_3$	p- NO_2	1 605	слабая				0,778
8	p-CH-CH_2- 	p- NO_2	1 603	слабая	1 648	средняя	+45	
9	$\text{p-CH}=\text{CH}_2$	p- $\text{N}(\text{CH}_3)_2$	1 612	слабая	1 622	средняя	+10	
10	$\text{p-CH}_2-\text{CH}_3$	p- $\text{N}(\text{CH}_3)_2$	1 618	слабая	1 618	средняя		-0,83
11	p-CH-CH_2- 	p- $\text{N}(\text{CH}_3)_2$	1 623	слабая	1 633	средняя	+10	

Анализ координационных чисел для меди (таблица 5) показал, что часть значений, завышена. Для меди комплексообразование с участием шести лигандов затруднено в результате стерических препятствий. Предположено строение комплекса меди с двумя или максимум четырьмя молекулами

азометина (мономеры с $R_2 - n, Cl, NO_2, N(CH_3)_2$; полимеры с $R_2 - Cl, N(CH_3)_2$). Завышение величины p для полимеров можно объяснить неполным проникновением ионов меди внутрь молекулы полимера.

Установлено, что наибольшее влияние на положение полосы поглощения $\nu_{C=N}$ оказывают заместители, находящиеся в бензилиденовой компоненте (среди заместителей, находящихся в бензилиденовой компоненте, наибольшее влияние оказывают Cl и NO_2). Переход же от винильной группы к полимерной цепочке в аминной части молекулы практически не сказывается на положении полосы $\nu_{C=N}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тицкий Г. Д. Энтальпия и энтропия активации образования бензилиденанилинов в толуоле и в присутствии уксусной кислоты [Текст] / Г. Д. Тицкий, З. З. Малинина // Химическая термодинамика и кинетика : сборник докладов Международной научной конференции в рамках Международного года химии, объявленного Генеральной Ассамблеей ООН ; 16–18 мая 2011 г., г. Донецк. – Донецк : ДНТУ, 2011. – С. 89.
2. Тицкий Г. Д. Кинетические исследования реакции образования полиазометин в диметилформамиде [Текст] / Г. Д. Тицкий, З. З. Малинина // Химическая термодинамика и кинетика : материалы второй Международной научной конференции. – Донецк : ДонНУЭТ, 2012. – С. 59–60.
3. Тицкий Г. Д. Кінетика і механізм каталізованого оцтовою кислотою утворення бензиліденанілінів [Текст] / Г. Д. Тицкий, З. З. Малинина // Химическая термодинамика и кинетика : материалы III Международной конференции. – Великий Новгород : НовГУ, 2013. – С. 167–168.
4. Тицкий Г. Д. Влияние заместителей на константы скорости реакции образования бензилиденанилинов в бензоле [Текст] / Г. Д. Тицкий, З. З. Малинина // Химическая термодинамика и кинетика : материалы пятой Международной конференции ; 25–29 мая 2015 г., г. Великий Новгород / М-во образования и науки РФ, Новгородский гос. ун-т им. Ярослава Мудрого, Донецкий нац. технический ун-т, Донецкий нац. ун-т. – Великий Новгород : Новгородский гос. ун-т им. Ярослава Мудрого, 2015. – С. 133.
5. Доя, А. П. Использование структурно-окрашенных полимеров для декоративной отделки поверхности строительных материалов [Текст] / А. П. Доя, З. З. Малинина, С. И. Сохина // Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве : тез. докл. II Республ. науч.-техн. конф. – Харьков : [б. и.], 1987. – Ч. 2. – С. 20–22.

Получено 07.12.2018

З. З. МАЛІНІНА ^a, О. М. ШЕВЧЕНКО ^a, Ю. Ю. МАЛІНІН ^b ВІЗНАЧЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕНЗИЛІДЕНАНІЛІНІВ ТА ЇХ ПОЛІМЕРНИХ АНАЛОГІВ В ОРГАНІЧНОМУ РОЗЧИННИКУ

^a ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», ^b Донецьке обласне клінічне територіальне медичне об'єднання, Донецьк

Анотація. Вивчено фізико-хімічні характеристики мономерних азометинів, їх полімерних аналогів і низькомолекулярних модельних сполук, отриманих на основі заміщених ароматичних амінів і альдегідів в неводних розчинниках: основність, повна обмінна ємність за воднем, ІЧ- і УФ-спектри, здатність до комплексоутворення. Виміряні pK_a методом напівнейтралізації в диметилформаміді. Досліджено електронні ефекти, вплив замісників на характеристики азометинів за допомогою σ -постійних Джаффе; встановлено кореляційні залежності. Визначена повна обмінна ємність поліазометинів за воднем (POE_H^+) методом зворотного потенціометричного титрування, встановлені кореляційні залежності POE_H^+ від σ -констант замісників. Вивчено УФ- та ІЧ-спектри моно- і поліазометинів і їх комплексів з іонами Cu^{2+} . Встановлено особливості впливу замісників на положення смуг поглинання в УФ-та ІЧ-спектрах.

Ключові слова: азометин, поліазометин, низькомолекулярні модельні сполуки, неорганічний розчинник, УФ- та ІЧ-спектри, основність, POE (повна обмінна ємність), комплексоутворення.

ZINAIDA MALININA ^a, OLGA SHEVCHENKO ^a, YURIY MALININ ^a
 DETERMINATION OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF
 BENZYLIDENANILINES AND THEIR POLYMER ANALOGUES IN ORGANIC
 SOLVENTS

^a Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, ^b Donetsk Regional Clinical Territorial Medical Association, Donetsk

Abstract. The physicochemical characteristics of monomeric azomethins, their polymer analogs and low molecular weight model compounds were studied. Derived from substituted aromatic amines and aldehydes in non-aqueous solvents: basicity, full exchange capacity for hydrogen, IR and UV spectra, and ability to complex. Measured pKa by semi-neutralization in dimethylformamide. Electronic effects are investigated. The effect of substituents on the characteristics of azomethins using σ -constant Jaffe; it has been established correlation dependencies. The total exchange capacity of polyazomethines for hydrogen (POE_N^+) was determined by the method of inverse potentiometric titration; the correlation dependences of POE_N^+ on the σ -constants of the substituents were established. The UV and IR spectra of mono- and polyazomethines and their complexes with Cu^{2+} ions were studied. The features of the influence of substituents on the position of the absorption bands in the UV and IR spectra are established.

Key words: azomethines, polyazomethines, low molecular weight model compounds, inorganic solvent, UV- and IR-spectra, basicity, OEE, complexation.

Малинина Зинаида Захаровна – кандидат химических наук, доцент кафедры прикладной химии ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: теоретические и экспериментальные исследования физико-химических свойств и химических превращений органических соединений, используемых в строительстве; синтез низко- и высокомолекулярных соединений, содержащих хромофорные группы.

Шевченко Ольга Николаевна – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной химии ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: теоретические и экспериментальные исследования физико-химических свойств и химических превращений органических соединений, используемых в строительстве; синтез низко- и высокомолекулярных соединений, содержащих ингибирующие группы.

Малинин Юрий Юрьевич – кандидат медицинских наук, врач высшей категории Донецкого клинического территориального медицинского объединения. Научные интересы: теоретические и экспериментальные исследования совокупности факторов (в частности, химических), влияющих на образование раковых опухолей.

Малініна Зінаїда Захарівна – кандидат хімічних наук, доцент кафедри прикладної хімії ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: теоретичні та експериментальні дослідження фізико-хімічних властивостей і хімічних перетворень органічних сполук, що використовуються в будівництві; синтез низько- і високомолекулярних сполук, що містять хромофорні групи.

Шевченко Ольга Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри прикладної хімії ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: теоретичне та експериментальне дослідження фізико-хімічних властивостей та хімічних перетворень органічних сполук, що використовуються у будівництві; синтез низько- і високомолекулярних сполук, що містять інгібуючі угруповання.

Малінін Юрій Юрійович – кандидат медичних наук, лікар вищої категорії Донецького клінічного територіального медичного об'єднання. Наукові інтереси: теоретичне та експериментальне дослідження сукупності факторів (зокрема, хімічних), що впливають на утворення ракових пухлин.

Malinina Zinaida – Ph. D. (Chemistry), Associate Professor, Applied Chemistry Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: theoretical and experimental research of physical and chemical properties and chemical transformations of organic compounds used in civil engineering; synthesis of low-molecular and high-molecular compounds, which includes chromophoric groups.

Shevchenko Olga – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Applied Chemistry Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: theoretical and experimental research of physicochemical properties and chemical transformations of organic compounds used in civil engineering; synthesis of low-molecular and high-molecular compounds including inhibitory groups.

Malinin Yuriy – Ph. D. (Medical Sciences), doctor of the highest category of the Donetsk Regional Clinical Territorial Medical Association. Scientific interests: theoretical and experimental investigations the combination of factors (eg, chemical) that affect the formation of cancerous tumors.

УДК 678.686

Е. Э. САМОЙЛОВА, В. В. ШПИЛЕВОЙ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**ПОВЫШЕНИЕ ХИМСТОЙКОСТИ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ УПАКОВКИ И ХРАНЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ЖИДКИХ
ЯДОХИМИКАТОВ**

Аннотация. В процессе работы провели исследование полиэтиленовой тары для транспортирования и хранения жидких ядохимикатов, определили химическую стойкость и антиокислительную стабилизацию методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) по ASTM D 3895-98. В результате исследований наблюдается повышение химстойкости ПЭ тары к воздействию жидких агрессивных сред, а именно: использование стабилизированного антиоксидантами полиэтилена (ПЭ) с повышенным значением индукции окисления; использование ПЭ с повышенной степенью кристалличности, не склонного к значительным ее изменениям. Этот эффект достигается введением дисперсных добавок и ультразвуковой обработкой. Создание внутренних защитных слоев. Это слои из химстойкого материала (фторопласт, полиамид), а также слои, полученные на поверхности ПЭ путем ее специальной обработки с целью упрочнения и устранения дефектов.

Ключевые слова: химстойкость, полимерный материал (ПМ), полиэтилен (ПЭ), полиэтилен низкого давления (ПЭНД), антиоксидант, индукция окисления (ИО), метод дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК), искусственная зародышеобразовательная структура (ИЗС).

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Полимерные материалы (ПМ) в настоящее время находят широкое применение в качестве упаковки различной продукции и грузов. Общие требования к полимерной транспортной и потребительской таре регламентируются ГОСТ 26319-84, правилами МОПОГ [1], ТУ 6-39-19-90, а также соответствующими международными документами (Инструкцией IMDG, техническими директивами TRV001 и др.).

Вместе с тем с позиции транспортировки и последующего хранения опасных грузов этот вопрос является весьма актуальным. Разумеется, наиболее надежным подходом в этом случае является определение стойкости полимера к действию среды, как это предусмотрено ГОСТ 12020-72 «Пластмассы. Методы определения стойкости к действию химических сред». Для оценки гарантийного срока хранения (ГСХ) программу испытаний придется существенно усложнить, прибегнув к прогнозированию по результатам ускоренных испытаний согласно ГОСТ 9.707-81 «Материалы полимерные. Методы ускоренных испытаний на климатическое старение».

Однако эти подходы не приемлемы для большинства потребителей и производителей тары, которые предпочли бы использовать уже известные подходы к повышению ее химстойкости.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Рассмотрение подходов определения стойкости полимера к действию среды применительно к ПЭ таре для транспортирования и хранения жидких ядохимикатов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Самый распространенный и опасный вид разрушения ПМ – возникновение трещин на поверхности ПМ при одновременном воздействии напряжений и окружающей среды, т. н. «коррозионное

растрескивание». Оно рассматривается как один из видов статической усталости материала, резко ускоряемой воздействием среды, которое определяется ее адсорбционными (физическими) и химическими особенностями [2].

Исследованы образцы ПЭ тары (канистры) ряда фирм (условно обозначены римскими цифрами). В табл. 1 приведены данные этих фирм по гарантийным срокам хранения и температура в максимуме пика плавления (T_m), определенная по ASTM D 3418-99 на термоаналитическом комплексе du Pont 9900 (ДСК Dual Sample 912).

Таблица 1 – Характеристика ПЭ химстойких канистр ряда фирм

Канистра, № п/п	ГСХ, лет (данные фирмы-изготовителя)	T_m , °C	Температура окисления $T_{ок}$, °C
I	...	136	249
II	2	133	237
III	5	135	246
VI	...	131	231
VII	...	131	262
IX	3	132	244

Как следует из табл. 1, судя по T_m , все исследованные материалы относятся к ПЭНД.

1. Химстойкость и антиокислительная стабилизация

Известно, что ПЭ наименее стоек именно к окислительным процессам. Окислительная деструкция ПЭ протекает уже при низких температурах и ускоряется в водной среде [4]. Поэтому процесс разрушения ПЭ под действием активных сред можно рассматривать с позиций его старения.

Введение антиокислителей замедляет эти процессы, и для ПЭ предусмотрены специальные рецептуры по ГОСТ 16338-85.

О стабилизации ПЭ антиоксидантом можно судить по величине периода индукции оксидирования (ОИТ), который определяется методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) по ASTM D 3895-98. Величина ОИТ пропорциональна количеству введенного в ПЭ антиоксиданта и зависит от его природы [4]. Для исследованных нами стабилизированных образцов ПЭНД эта величина составляла 36...62 мин. Это соответствует температурам окисления $T_{ок}$, приведенным в табл. 1, в интервале 237...246 °C (метод ДСК по ASTM D 3418-99, навеска 10 мг, 20 К/мин, не герметичная алюминиевая чашка в атмосфере сухого воздуха).

Найдено, что более высокой степени стабилизации ПЭ соответствует большее значение ОИТ или $T_{ок}$. В то же время следует иметь в виду, что более высокая антиокислительная стабильность образцов достигается не только за счет введения антиоксиданта, но и за счет повышения плотности, степени кристалличности, размеров надмолекулярных образований и т. д. [2, 3, 4].

Исследована химстойкость образцов (табл. 1) в ядохимикатах по ГОСТ 13518. Критерий снижения химстойкости – набухание и растрескивание в напряженном состоянии. Образцы с более высоким значением $T_{ок}$ отличаются более высокой химстойкостью.

2. Химстойкость и степень кристалличности

Проницаемость такого полукристаллического полимера, каким является ПЭ, определяется существованием аморфных областей [2]. Между ОИТ и временем начала уменьшения степени кристалличности (α) существует удовлетворительная корреляция, а скорость окисления полиолефинов возрастает по мере уменьшения α [3]. Кристаллиты являются ловушками для свободных радикалов.

Повышению α может способствовать введение стабилизатора, искусственных зародышеобразователей структуры (ИЗС), а также температурный режим переработки ПЭ в изделие. Последний влияет (наряду с α) на остаточные напряжения в приповерхностных слоях, что позволило автору [2] ввести термин «технологическая наследственность». В процессе теплового старения α возрастает, что приводит к возникновению внутренних напряжений и разрушению полимера [3].

Отсюда следует, что для обеспечения химстойкости ПЭ следует стремиться к более высокому значению α в готовом изделии, чтобы снизить эффективность действия активной среды и опасность разрушения полимера за счет роста α при старении.

В табл. 2 приведены результаты исследования образцов А и В (до и после их ускоренных испытаний на химстойкость по ГОСТ 13518) методом ДСК по ASTM D 3418-99: T_e – экстраполированная

Таблица 2 – Исследование образцов ПЭ методом ДСК по ASTM D 3418-99 до и после ускоренных испытаний на химстойкость

Показатель	Образец А	Образец В
Исходные образцы		
$T_{\text{с}}, ^\circ\text{C}$	120,6	121,8
$T_{\text{м}}, ^\circ\text{C}$	131,9	130,4
$Q_{\text{исх}}, \text{Дж/г}$	155,0	117,6
После ускоренных испытаний (50 суток)		
$T_{\text{с}}, ^\circ\text{C}$	119,2	122,0
$T_{\text{м}}, ^\circ\text{C}$	129,5	131,2
$Q_{\text{исх}}, \text{Дж/г}$	141,2	141,0
$\Delta\alpha, \%$	-8,9	+19,9

температура начала плавления ПЭ; $T_{\text{м}}$ – максимум теплового эффекта; Q – величина теплового эффекта плавления ПЭ, пропорциональная степени кристалличности ПЭ (α), а ее изменение

$$\Delta\alpha = \frac{Q_{\text{уск}} - Q_{\text{исх}}}{Q_{\text{исх}}} \cdot 100 \, \%.$$

Приведенные в табл. 2 данные подтверждают, что образец (В) с меньшим значением $\alpha(Q)$ склонен к кристаллизации ($\Delta\alpha = +19,9 \, \%$) и легче разрушается, чем образец (А) с более высоким значением Q (не склонный к дополнительной кристаллизации в активной среде). Некоторое снижение степени кристалличности этого образца в процессе испытаний ($\Delta\alpha = -8,9 \, \%$) связано, по-видимому, с деструкционными процессами.

Наш опыт показывает, что метод ДСК позволяет прогнозировать эти эффекты, сравнивая теплоту плавления для исходного образца и после его термообработки (отжига). Если образец не склонен к кристаллизации (находится в близком к равновесному состоянии), величина $\Delta\alpha$ составит менее 9 %.

3. Другие подходы к повышению химстойкости ПЭ тары

Если приведенные выше приемы не обеспечивают необходимую химстойкость к данному препарату, кардинальный путь решения проблемы – внутреннее химстойкое покрытие. Универсальным, по-видимому, является фторопластовое покрытие.

Изучая канистры некоторых фирм, гарантирующих высокие ГСХ своей продукции в оригинальной упаковке (2–5 лет), мы идентифицировали внутреннее полиамидное покрытие. В качестве иллюстрации приведены термограммы микросрезов с внутренней и внешней поверхности такой канистры (рис.). На обоих рисунках виден пик плавления ПЭНД ($T_{\text{м}}$ около 130°C и $T_{\text{с}}$ около 122°C), а на внутреннем срезе (рис., а) – пики плавления полиамида $211,7$ и $221,5^\circ\text{C}$ (дополнительная идентификация – методом ИК-спектроскопии). Температура интенсивного окисления данного образца ПЭНД $T_{\text{ок}} = 231,6^\circ\text{C}$ (рис., б); для образца с полиамидным покрытием $T_{\text{ок}}$ выше: $248,9^\circ\text{C}$ (рис., а).

Учитывая, что воздействие ультразвуком позволяет управлять структурой кристаллизующихся полимеров, это обуславливает изменение их свойств. Не исключено, что таким способом может достигаться повышенная степень кристалличности ПЭ (выше), также способствующая более высокой его химстойкости.

Таким образом, актуальны следующие приемы повышения химстойкости ПЭ тары к воздействию жидких агрессивных сред:

1. Использование стабилизированного антиоксидантами ПЭ (с повышенным значением ОИТ).
2. Использование ПЭ с повышенной степенью кристалличности, не склонного к значительным ее изменениям. Это может достигаться специальным термическим режимом производства и последующей обработки изделий. Этот эффект может достигаться также введением дисперсных добавок и ультразвуковой обработкой.
3. Создание внутренних защитных слоев. Это могут быть слои из химстойкого материала (фторопласт, полиамид), а также слои, полученные на поверхности ПЭ путем ее специальной обработки с целью упрочнения и залечивания дефектов.

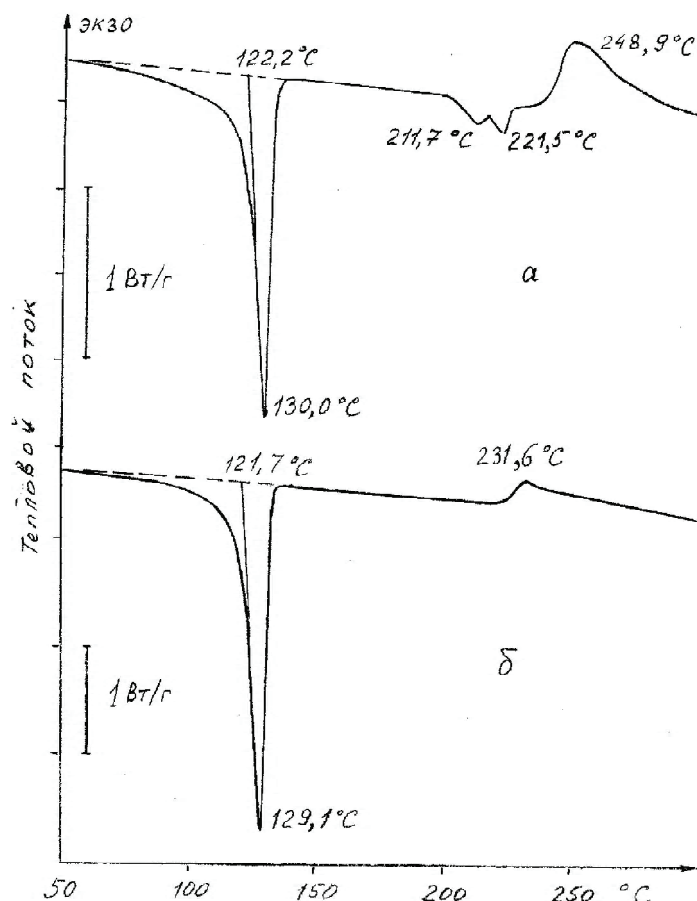


Рисунок – Кривые ДСК (10 К/мин) микросрезов с внутренней (а) и внешней (б) поверхности канистры с химстойким покрытием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РД 31.15.01-89 Правила морской перевозки опасных грузов [Текст]. – Взамен РД 31.11.31.04-78 ; введ. 1990-03-01. – В 2 т. – Т. 1 / Одесский медицинский институт им. Н. И. Пирогова, ЮжНИИМФ ОФ НИИ ГВТ. – М. : В/О «Мортехинформреклама», 1990. – 300 с.
2. Тынный, А. Н. Прочность и разрушение полимеров под воздействием жидких сред [Текст] / А. Н. Тынный. – К. : Наук. думка. 1975. – 206 с.
3. Павлов, Н. Н. Старение пластмасс в естественных и искусственных условиях [Текст] / Н. Н. Павлов – М. : Химия, 1982. – 224 с.
4. Шварц Химическая стойкость и физико-химические свойства полиэтилена [Текст] / Шварц, Кремер // Полиэтилен и другие полиолефины / пер. с англ. и нем. ; ред. : П. В. Козлов, Н. А. Платэ. – М. : Мир, 1964. – С. 340–350.
5. Семилетов В. П. Опыт эффективного использования вторичных ресурсов в народном хозяйстве СССР [Текст] / В. П. Семилетов – К. : УкрНИИИТИ, 1981. – 64 с.

Получено 10.12.2018

О. Е. САМОЙЛОВА, В. В. ШПИЛЬОВИЙ
ПІДВИЩЕННЯ ХІМСТІЙКОСТІ ПОЛІЕТИЛЕНОВИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ
УПАКОВКИ ТА ЗБЕРІГАННЯ МАТЕРІАЛІВ РІДКИХ ОТРУТОХІМІКАТІВ
ДОО ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У процесі роботи провели дослідження поліетиленової тари для транспортування і зберігання рідких отрутохімікатів, визначили хімічну стійкість і антиокислювальну стабілізацію методом диференціальної сканувальної калориметрії (ДСК) згідно з ASTM D 3895-98. В результаті досліджень спостерігається підвищення хімічної стійкості ПЕ тари до впливу рідких агресивних середовищ, а саме: використання стабілізованого антиоксидантами поліетилену (ПЕ) з підвищеним значенням індукції

оксидування; використання ПЕ з підвищеним ступенем кристалічності, не схильної до значних її змін. Цей ефект досягається введенням дисперсних добавок і ультразвукової обробкою. Створення внутрішніх захисних шарів. Це шари з хімістійкого матеріалу (фторопласт, поліамід), а також шари, отримані на поверхні ПЕ шляхом її спеціальної обробки з метою зміцнення і усунення дефектів.

Ключові слова: хімістійкість, полімерний матеріал (ПМ), поліетилен (ПЕ), поліетилен низького тиску (ПЕНТ), антиоксидант, індукція оксидування (ОІТ), метод диференціальної сканувальної калориметрії (ДСК), штучно утворена структура зародку (ШУСЗ).

HELEN SAMOJLOVA, VLAD SHPILEVOJ IMPROVING THE CHEMICAL RESISTANCE OF POLYETHYLENE MATERIALS FOR PACKAGING AND STORAGE OF MATERIALS OF LIQUID POTATATIC CHEMICALS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. In the process of the work, it has been carried out research of polyethylene containers for transportation and storage of liquid toxic chemicals, it has been determined chemical resistance and antioxidant stabilization by differential scanning calorimetry (DSC) according to ASTM D 3895-98. As a result of research it has been observed an increase in the chemical resistance of PE containers to the effects of corrosive liquids, namely: the use of polyethylene (PE) stabilized with antioxidants with an increased oxidation induction value; the use of PE with a higher degree of crystallinity, not prone to significant changes. This effect is achieved by the introduction of dispersed additives and ultrasonic treatment. Creation of internal protective layers. These are layers of chemical-resistant material (fluoroplastic, polyamide), as well as layers obtained on the surface of PE through its special processing in order to harden and eliminate defects.

Key words: chemical resistance, polymeric material (PM), polyethylene (PE), low pressure polyethylene (LPPE), antioxidant, oxidation induction (OIT), differential scanning calorimetry (DSC) method, artificial nucleation structure (ANS).

Самойлова Елена Эдуардовна – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной химии; кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: физико-химические исследования полимерных композиционных материалов.

Шпилевый Владислав Владимирович – магистрант кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: экологичность строительных материалов и изделий из них.

Самойлова Олена Едуардівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри прикладної хімії; кафедри техносферної безпеки ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: фізико-хімічні дослідження полімерних композиційних матеріалів.

Шпильовий Владислав Володимирович – магістрант кафедри техносферної безпеки ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: екологічність будівельних матеріалів та виробів з них.

Samojlova Helen – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technosphere Safety; Applied Chemistry Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: physical and chemical studies of polymer composite materials.

Shpilevoj Vlad – Master's student, Technosphere Safety Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: environmental disposal of building materials and wares from them.

УДК 55

А. Б. ТРИНКЕР

Regeneration Technology Centre & Consulting Development Innovation

РЕСУРСЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Аннотация. Самой первой древнейшей и важнейшей наукой человечества, от которой произошли: строительство, металлургия, энергетика, нефте-, газо- и биохимия и значительное большинство отраслей, обеспечивающих прогресс каждому государству планеты в XXI веке, является геология. Наука о земле (перевод с греческого) геология объединяет большой комплекс, как-то: минералогия, петрология (петрография), литология, кристаллография, геотектоника, вулканология, сейсмология, геокриология, палеонтология, геоэкология, стратиграфия, геохимия и геофизика, геоморфология, агрогеология, геобаротермометрия, геохронология, астрогеология. От количества полезных ископаемых зависит будущее каждой страны мира. В XXI веке борьба за сырьё и минеральные ресурсы обостряется и приводит к международным военным конфликтам.

Ключевые слова: технологии бетонов, строительные материалы, геология, минералы, полезные ископаемые, развитие экономики страны, прогресс.

Невозможно представить современное государство без благоустроенных домов с теплом и освещением, без транспорта и магазинов с продуктами питания, а людей без одежды, обуви, телефонов, этим мы отличаемся от людей первобытного общества 10 000 лет назад.

Первая наука, позволившая начать переход от первобытного к рабовладельческому строю и далее по пути прогресса, является геология. Полезные ископаемые: уголь, руды – послужили началу производства металлов, из глины и песка обжигали керамику, а из смесей ископаемых были получены



Рисунок 1 – Пирамида фараона Хеопса в Гизе (Египет) высотой 150 метров, построена 4600 лет назад. При строительных работах в жарком климате Африки применялся кладочный гипсопесчаный раствор – первое монументальное строительство.

первые вяжущие вещества, что позволило отказаться от пещер в виде жилья и пирамид из каменных труднообрабатываемых блоков, и также отказаться от деревянных сгораемых построек из дефицитных и медленно восстанавливаемых в природе зелёных насаждений. Например, полностью вырубленный в период зарождения Римской империи лес на Апеннинском полуострове, то есть в Италии, не восстановлен до сих пор. С помощью геологии были найдены источники энергии в виде жидких – нефти и газообразных ископаемых, потом нашли урановые руды.

Впервые человечество применило минеральные вяжущие вещества при постройке пирамид в древнем Египте (рис. 1): карбонат натрия, фосфаты, кварц, силикат алюминия, которые находили в иловых отложениях Нила, кальцит (дроблённые ракушки), известняк из горных пород являлись отличным и долговечным гидравлическим связующим в жарком и сухом климате Африки.



Рисунок 2 – Древне Римские бани с бассейнами, город Помпеи, построены более 2300 лет назад, в строительстве применялся известковый раствор.



Рисунок 3 – Описание знаменитой Карлсбадской коллекции минералов, автор универсальный учёный и знаменитый поэт Иоганн Вольфганг фон Гёте, 1827 год, «Немецкий Музей», Мюнхен.

Строители Римской империи в многочисленных постройках успешно использовали известь (рис. 2).

Минералогия, составляющая основу земного шара, часть геологии, эта наука получила развитие [1–2] в Германии (рис. 3), задача минералогии: определение и классификация камней по их свойствам.

Основателем современной геологии и минералогии признан немецкий учёный Georgius Agricola (1494–1555), он также занимался металлургией и составил первые исследования технологических процессов горного дела. Большинство из 15 его книг посвящены геологии, материаловедению, защите окружающей среды в результате деятельности человека.

В результате изобретения портландцемента (1824 год) в строительстве произошла индустриальная революция [3–4], а компонент цемента –

клинкер полученный при обжиге минералов с температурой около 1 450 градусов, который затем помолом в мельницах с гипсом и добавками превращают в цемент – завоевали весь мир (рис. 4 и 5).

Составляющие цемента: карбонатные породы (известняк) и глинозём (глина или глинистые сланцы), мергели (природная смесь карбонатных и глинистых пород), месторождения которых определяют геологи, уточняя физико-химический и минералогический составы и разрабатывая карты залегания пород.

Геология способствовала созданию тысяч видов вяжущих и составов бетонов для сооружений и конструкций, предназначенных служить в разных условиях на Земле.

Инженерная геология, как наука, оформилась в 20–30-х годах XX века. Перед инженерами-геологами ставили задачи геологического обоснования тех или иных строительных проектов зданий, дорог, плотин, ГЭС, ГРЭС, АЭС, карьеров и других хозяйственных объектов. Однако с течением времени предмет исследований инженерной геологии все более и более расширялся. На начальных этапах своего развития инженерную геологию и природные геологические и инженерно-геологические процессы рассматривали и изучали с учетом их полезности человеку, его экономической выгоде. При этом главным было обеспечить устойчивость того или иного сооружения.

даже за счет потерь в экосистемах. С течением времени это положение хотя и медленно, но все же менялось. К концу 70-х годов в инженерной геологии разрабатывалось геологическое обоснование инженерно-строительной деятельности, которое сводило бы к минимуму или исключало негативные последствия инженерной деятельности человека в литосфере. Часть литосферы, которая находится (или будет находиться) под воздействием инженерно-хозяйственной (техногенной) деятельности человека, стали называть геологической средой, а перед инженерной геологией была поставлена новая проблема – разработка вопросов рационального использования и охрана геологической среды. С этого периода в инженерной геологии стали активно разрабатываться практические и теоретические вопросы, связанные с экологией верхних горизонтов литосферы. Этот раздел исследований получил название: инженерная геоэкология.

Одновременно с этим процессом в науках не геологического профиля, главным образом в географии, формировалось новое междисциплинарное направление – геоэкология, изучающая вопросы экологии ландшафтов и различных геосфер Земли в их взаимосвязи. Однако к 90-м годам нашего столетия стало понятно, что в рамках только инженерной геологии (или инженерной геоэкологии)



Рисунок 4 – Самый большой в мире Московский университет им. М. В. Ломоносова, построенный в 1953 году с применением современных строительных материалов и тысяч отечественных минералов, участник «Guinness World Records».



Рисунок 5 – «Бурж Халифа» – «Башня Халифа», построенная в Дубае высотой 828 метров (ОАЭ) в 2010 году – самое высокое здание в истории человечества, архитектурой напоминает Останкинскую телевизионную башню высотой 540 метров, возведённую в 1967 году в Москве, то есть на 5 000 километров севернее.

не решить всех экологических проблем литосферы. Более того, к этому времени возникли такие научные направления, как экологическая геохимия (экогеохимия, занимающаяся прежде всего вопросами загрязнения литосферы и миграции в ней элементов с учетом их влияния на экосистемы), экологическая гидрогеология (экогидрогеология, изучающая вопросы загрязнения подземных вод и др.), экологическая геофизика (экогеофизика, изучающая физические поля литосферы Земли и их влияния на экосистемы) и др. В настоящее время все эти направления объединяются в одно: экологическую геологию.

Обостряющийся в настоящее время глобальный экологический кризис не первый в длительных геологических эпохах Земли. Существование биосферы Земли насчитывает около четырех миллиардов лет. В ходе эволюции биосферы установилось относительное динамическое равновесие ее составных частей, но на протяжении длительной истории Земли разномасштабные вымирания животного и растительного мира, связанные с экологическими кризисами, происходили многократно.

Все эти глобальные экологические катастрофы в истории Земли вызывались разными естественными планетарными и космическими причинами, периодически повторяющимися космическими событиями, сменяющимися эпохами горообразования и движения различных участков литосферы (орогенеза и рифтогенеза), сопровождаемыми изменениями в составе атмосферы и климата, трансгрессиями (наступлением) и регрессиями (отступанием) Мирового океана и т. п. Причины всех этих катастроф были естественными, природными.

В XXI веке главнейший фактор глобального экологического кризиса на Земле – это человек, и в данной актуальной проблеме коренное отличие современного кризиса от всех предыдущих. Современный экологический кризис противоестествен, он вызван самим человеком. Неразумная материально-хозяйственная, или техногенная (антропогенная), деятельность во всех ее сложных и многообразных формах приводит в настоящее время природу на Земле к экологическому кризису. Неразумная антропогенная деятельность, в пределах

гигантского литосферного пространства, в ее самой верхней части, называемой геологической средой, вносит огромный дисбаланс в равновесие земной биосферы. Технологическое развитие цивилизации стало носить катастрофически быстрый, а по меркам геологического времени – взрывной характер. Индустриальная революция в мире привела к глобальному вмешательству человека в литосферу, прежде всего при добыче полезных ископаемых.

Например, количество только механически извлекаемого человеком материала в литосфере Земли при добыче полезных ископаемых и при строительстве превышает 100 млрд тонн в год.

Для сравнения: ежегодный естественный объем наносов, перемещаемых всеми текучими водами на земной поверхности, составляет величину в 30 раз меньшую, чем перемещается горных пород при строительстве и добыче полезных ископаемых. При этом суммарная мощность производства в мире

удваивается каждые 14–15 лет! То есть антропогенная деятельность по своим масштабам и интенсивности стала не только соизмеримой с природными геологическими процессами, но существенно их превосходит, на что указывал академик В. И. Вернадский [5].

На огромных площадях поверхности Земли и в ее недрах на наших глазах происходит активизация различных неблагоприятных геологических процессов и явлений (оползней, селей, подтопления и заболачивания территорий, засоления почв и т. п.), которые были вызваны или активизированы человеком, часто его неразумной хозяйственной деятельностью. Такие процессы искусственного, а не естественного происхождения стали называть инженерно-геологическими. Они ровесники человеческой цивилизации, и по мере углубления экологического кризиса масштабы их проявлений на Земле все более возрастают.

Инженерно-геологические процессы идут одновременно с природными геологическими процессами, но их интенсивность, концентрация, частота проявления и другие параметры существенно превышают аналогичные природные. Пока человек не может предотвратить многие опасные и катастрофические геологические процессы, но в арсенале методов инженерной геологии накоплен огромный научный опыт по прогнозу геологических и инженерно-геологических процессов, по мероприятиям направленным на инженерную защиту территорий от их проявления и снижение ущерба.

В обостряющемся на Земле экологическом кризисе роль различных геологических процессов, происходящих в литосфере огромна, поэтому в современных условиях значение инженерной и экологической геологии в жизни общества непрерывно возрастает. Многочисленные воздействия на литосферу: создание свалок твердых бытовых отходов (часто не контролируемых), загрязнение промышленными стоками подземных вод и вследствие этого сокращение запасов на Земле питьевой воды, механическое (статическое и динамическое), термическое, электромагнитное и другие виды воздействий на верхние горизонты земной коры. Одни лишь коммунальные отходы, накапливающиеся на свалках и частично поступающие в литосферу, представляют собой существенный фактор техногенного воздействия. Количество коммунальных отходов, приходящихся за год на одного человека, достигает огромных величин, а их утилизация представляет серьезную проблему во всем мире.

В результате разномасштабных проявлений техногенных воздействий Земля превращается в гигантскую свалку, литосфера начинает испытывать необратимые негативные изменения, экологические последствия которых трудно предсказуемы.

Как крупнейший геологический фактор на Земле человек в огромных объемах производит и искусственные грунты – перемещенные или созданные массы горных пород, отвалы, насыпи, намывные грунты, шлаки, золы и т. п. Причем этот процесс получил такие широкие масштабы, что стал соизмерим с естественным осадконакоплением. Характерным примером образования огромных масс искусственных грунтов является строительство крупных топливно-энергетических комплексов. При открытом способе разработки угольного разреза, помимо угля, перемещается огромная масса вскрышных пород. Сжигаемый затем уголь превращается в золу и шлаки, поступающие в отвалы, масштабы которых достигают гигантских размеров. Их утилизация – серьезная экологическая проблема на Земле. Если удаление золы из топков ТЭС происходит водным способом (гидроудаление), то зола по пульпопроводу сбрасывается в пруды-отстойники, на дне которых осаждаются огромные массы искусственных зологрунтов. В итоге намывными зологрунтами покрываются значительные площади, происходит деградация природных ландшафтов и экосистем.

В 1970–1989 гг. на Кольском полуострове была пробурена единственная на планете сверхглубокая скважина для изучения земной коры, глубиной 12 262 метра. Кольский полуостров обладает одним из древнейших на Земле месторождением горных пород возраст которых четыре миллиарда лет. В результате данного неповторимого проекта, руководителем которого был академик Д. М. Губерман (1929–2011), получены дополнительные сведения о литосфере Земли позволившие значительно расширить геологические знания.

Какие основы и перспективы развития отечественной геологии?

Недавно исполнилось 150 лет со дня рождения выдающегося учёного академика В. И. Вернадского (1863–1945), который был учеником великого химика Д. И. Менделеева (1834–1907), геолога-создателя науки почвоведение В. В. Докучаева (1846–1903) и знаменитого учёного по кристаллографии и минералогии Paul Heinrich von Groth (1843–1927) в Мюнхене. В. И. Вернадский изучал топографическую минералогию, генезис минералов, геохимию – историю перемещения и превращения атомов Земли, включающую биогеохимию, геохимию производственной деятельности человека, радиогеологию, гидрогеохимию. В соответствии с его «теорией Биосферы», земная кора, состоящая из минералов, это гигантская химическая лаборатория, в которой происходит круговорот энергии и веществ

всех живых организмов Земли, как считал учёный, «нарушителей геохимических равновесий», а жизнь – это «постоянная переработка неорганического вещества». Скорость накопления осадков возрастает со временем, появляются новые минералы и горные породы: горючие сланцы, руды, фосфориты, угли, причём некоторые типы руд исчезают, другие появляются, широко распространённые доломиты вытеснены карбонатами, известняками.

Докторская диссертация В. И. Вернадского посвящена химии силикатов – породообразующим минералам, составляющим более 90 % литосферы. Исследования прогнозируемой геохимической активности показали, что наивысшей областью обладают сине-зелёные водоросли, цианобактерии, которые в результате биоминерализации образуют новые минералы внутри собственной клетки.

Один из великих отечественных геологов XX века академик А. Е. Ферсман (1883–1945), геохимик и минералог, внёс огромный вклад в создание минерально-сырьевой базы СССР, творчески развил теорию техногенеза. Всемирно известные отечественные учёные, начиная с М. В. Ломоносова, постоянно учились, исследовали природу Земли и передавали опыт последующим поколениям, показывая всем нам пример в творческом отношении к работе [6, 7]. Разработка актуальных проблем экологической геологии позволит подойти к реализации идеи В. И. Вернадского о ноосфере – высшей фазе эволюции биосферы на Земле.

ВЫВОДЫ

Геология – историческая первооснова строительной технологии, а качество бетонов зависит от исходного сырья моно- и полиминералов для получения цемента и бетонов.

Теория формирования полезных ископаемых на территории России требует дальнейших исследований: уточнения источников вещества, дающего начало полезным ископаемым, форм их миграции, генетических, геологических и физико-химических параметров концентрации, площади и глубины распространения.

По разнообразию минералов, необходимых для строительных технологий, Россия не имеет равных на нашей планете, задача отечественных геологов в XXI веке определить и составить точные карты минерального сырья для Будущего.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fossen, Haakon Structural Geology [Text] / Haakon Fossen. – Cambridge : University Press, 2012. – 480 p. – ISBN 978-0-521-51664-8.
2. Markl, G. Minerale und Gesteine: Mineralogie-Petrologie-Geochemie [Text] / G. Markl. – Berlin : Springer Universität Tübingen, 2008. – 612 p. – ISBN 978-3-8274-1804-3.
3. Buchheim, Christoph Industrielle Revolutionen. Wirtschaftsentwicklung in Großbritannien, Europa und in Übersee [Text] / Christoph Buchheim. – München : Wissenschaft, 1994. – 200 p. – ISBN 3-423-04622-8.
4. Lindner, H. Strom. Erzeugung, Verteilung und Anwendung der Elektrizität [Text] / H. Lindner. – [S. n. : Rowohlt], 1985. – 300 p. – ISBN 3-499-17723-4.
5. Баландин, Р. К. В. И. Вернадский, жизнь, мысль, бессмертие [Текст] / Р. К. Баландин. – М. : «Вече», 2015. – 260 с.
6. Тринкер, А. Б. Проверена временем [Текст] / А. Б. Тринкер // Строительная газета. – 2017. – № 44. – С. 11.
7. Тринкер, А. Б. Башня моего отца [Электронный ресурс] / А. Б. Тринкер // Родина. – 2018. – № 1(118). – С. 88–89. – Режим доступа : <https://rg.ru/2018/01/11/rodina-trinker-ostankino.html>.

Получено 01.12.2018

О. Б. ТРИНКЕР

РЕСУРСИ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА

Regeneration Technology Centre & Consultung Development Innovation

Анотація. Найдавнішою і найважливішою наукою людства, від якої відбулися: будівництво, металургія, енергетика, нафто-, газо- та біохімія і значна більшість галузей, що забезпечують прогрес кожній державі планети в XXI столітті, є геологія. Наука про землю (переклад з грецької) геологія об'єднує великий комплекс, а саме: мінералогія, петрологія (петрографія), літологія, кристалографія, геотектоніка, вулканологія, сейсмологія, геокріологія, палеонтологія, геоєкологія, стратиграфія, геохімія і геофізика, геоморфологія, агрогеологія, геобаротермометрія, геохронологія, астрогеологія. Від кількості корисних копалин залежить майбутнє кожної країни світу. У XXI столітті боротьба за сировину і мінеральні ресурси загострюється і призводить до міжнародних воєнних конфліктів.

Ключові слова: технологія бетонів, будівельні матеріали, геологія, мінерали, корисні копалини, розвиток економіки країни, прогрес.

ALEXANDER TRINKER
RESOURCES FOR CONSTRUCTION

Regeneration Technology Centre & Consulting Development Innovation

Abstract. The very first most ancient and major science of mankind from which came: construction, metallurgy, power, oil, gas both biochemistry, and the vast majority of the industries which application provides progress to each state of the planet in XXI a century is geology. The science about the Earth (the translation from Greek) geology unites a big complex, such as: mineralogy, petrology (petrography), lithology, crystallography, geotectonics, volcanology, seismology, geocryology, paleontology, geoecology, stratigraphy, geochemistry and geophysics, geomorphology, agrogeology, geobarothermometriya, geochronology, astrogeology. The future of each country of the world depends on amount of minerals. In XXI a century fight for raw materials and mineral resources escalates and results to the international military conflicts.

Key words: technologies of concrete, construction materials, geology, minerals, minerals, development of national economy, progress.

Тринкер Александр Борисович – доктор технических наук, Regeneration Technology Centre & Consulting Development Innovation. Научные интересы: технология строительства, защита от коррозии, сверхпрочный и сверхдолговечный бетон, композиты, нанотехнологии.

Трінкер Олександр Борисович – доктор технічних наук, Regeneration Technology Centre & Consulting Development Innovation. Наукові інтереси: технологія будівництва, захист від корозії, надміцний і понаддовговічний бетон, композити, нанотехнології.

Trinker Alexander – D. Sc. (Eng.), Regeneration Technology Centre & Consulting Development Innovation. Scientific interests: the technology of construction is sewn up from corrosion, super-strong and super-durable concrete, composite, nanotechnologies.

УДК 666.974.2

Т. П. КИЦЕНКО, Е. В. ЕГОРОВА, С. В. ИВАНЕНКО

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ЖИДКОСТЕКОВЫЕ ОГНЕУПОРНЫЕ АЛЮМОСИЛИКАТНЫЕ ВЯЖУЩИЕ НА ОСНОВЕ ТЕРМОАКТИВИРОВАННОГО КАОЛИНА И ШАМОТНО-КАОЛИНОВОЙ ПЫЛИ

Аннотация. Исследованы термомеханические свойства огнеупорных алюмосиликатных жидкостекловых вяжущих с отвердителями на основе термоактивированного каолина и шамотно-каолиновой пыли. Установлено, что шамотно-каолиновая пыль играет активную структурообразующую роль как при нагреве алюмосиликатных вяжущих, так и в условиях высоких температур. По сравнению с термоактивированным каолином использование шамотно-каолиновой пыли в качестве отвердителя для алюмосиликатных огнеупорных вяжущих позволяет улучшить их термомеханические свойства.

Ключевые слова: алюмосиликатные вяжущие, жидкое стекло, термоактивированный каолин, шамотно-каолиновая пыль, термомеханические свойства.

ВВЕДЕНИЕ

Алюмосиликатные бетоны являются одним из широко распространенных видов огнеупорных бетонов. Их доля в общем объеме производства в различных странах колеблется от 40 до 70 % [1, 2]. Алюмосиликатные огнеупоры отличаются невысоким и стабильным коэффициентом линейного температурного расширения при нагреве, огнеупорностью в пределах 1 580...2 000 °С, температурой деформации под стандартной нагрузкой 0,196 МПа в пределах 1 300...1 900 °С. Для этого вида огнеупоров характерна высокая механическая прочность в холодном и нагретом состояниях, отсутствие гидратации и склонность к разупрочнению при хранении в обычных воздушно-влажностных условиях, сравнительная доступность и невысокая стоимость сырья [3].

Одними из наиболее распространенных в отечественной промышленности являются жидкостекловые огнеупорные бетоны [4, 5]. Свойства бетонов во многом определяются свойствами вяжущих, используемых при их изготовлении. Как известно, носителем огнеупорных свойств бетонов являются заполнители. Роль вяжущего сводится к обеспечению прочностных свойств, необходимых для транспортирования, монтажа и первого разогрева после твердения и сушки.

Недостатком жидкостекловых вяжущих является применение отвердителей-плавней, которые образуют легкоплавкие эвтектики, что снижает термомеханические свойства бетона [6]. Поэтому разработка жидкостекловых вяжущих с использованием огнеупорных отвердителей, не содержащих плавней, будет способствовать повышению эксплуатационных свойств огнеупорных бетонов. Примером таких вяжущих являются разработанные ранее жидкостекловые композиции с термоактивированным каолином. Однако данные вяжущие характеризуются высокой водопотребностью, необходимостью предварительного обжига сырого каолина при 650...750 °С [7]. В то же время известно, что при обжиге кускового шамота образуется тонкодисперсная смесь – шамотно-каолиновая пыль (ШКП), являющаяся побочным продуктом производства. Можно полагать, что нестабильность температуры обжига пыли приводит к образованию в ней активного структурообразующего глинозема, а высокая дисперсность ее позволит получить на ее основе вяжущее с повышенными технологическими характеристиками.

Также шамотная пыль по своему химико-минералогическому составу может быть полноценным сырьем для производства многих строительных материалов и с успехом заменять традиционные сырьевые материалы, применяемые для их изготовления. При этом экономится значительное количество природного сырья и сохраняются значительные земельные площади, отводимые под карьеры и складирование пыли.

Целью исследований является определение характера влияния ШКП в сравнении с термоактивированным каолином на термомеханические свойства жидкостекольных алюмосиликатных вяжущих.

Для изготовления вяжущих композиций использовались тонкомолотый шамот марки ШКН-2 (ТУУ 322-7-00190503-083-97); муллит-корундовый шамот по ТУ 14-8-555-87; ШКП с электрофильтров вращающихся печей Владимировского огнеупорного завода (Донецкая обл.), полученная при обжиге обжига шамота марки ШКВ-1 (ТУУ 322-7-00190503-083-97). В сравнительных исследованиях использовался термоактивированный Новоселецкий каолин (ТАК) марки НК-1 (ТУУ 322-7-00190503-038-95), обожженный при температуре 700 °С до полной потери связанной воды. Шамот и термоактивированный каолин размалывались до тонкости помола, соответствующей проходу через сито 0,08 мм 90...95 % материалов.

В качестве щелочного компонента вяжущих принято стекло натриевое жидкое (ГОСТ 13078-81) с силикатным модулем $M_s = \text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O} = 3,0$. Изменение силикатного модуля жидкого стекла осуществляли добавлением соответствующего количества раствора гидроксида натрия (ГОСТ 2263-79*) с учетом данных [8, 9].

Свойства вяжущих определялись по стандартным методикам. Физико-механические испытания вяжущих производились на образцах 2×2×2 см, изготовленных из теста нормальной густоты. Уплотнение образцов производилось на стандартной лабораторной виброплощадке, время вибрации составляло 15–20 сек.

Образцы твердели в нормальных условиях и перед нагревом выше 110 °С высушивались в сушильном шкафу до постоянной массы при температуре 105...110 °С. Нагрев образцов производился согласно рекомендаций [10] со скоростью 200±20 °С/час и выдержкой при контрольных температурах в течение 4 часов, охлаждение происходило вместе с отключенной электропечью.

Фракционный состав порошков ШКП и ТАК определялись седиментационным анализом с выделением из суспензии на основе дистиллированной воды частиц размером менее 0,8 мкм с помощью мембранного фильтра «Владипор» МФА-МА № 3. Перед обработкой материалы просеивались через сито 0,08 мм и более крупная фракция удалялась. Результаты анализа приведены на рисунке.

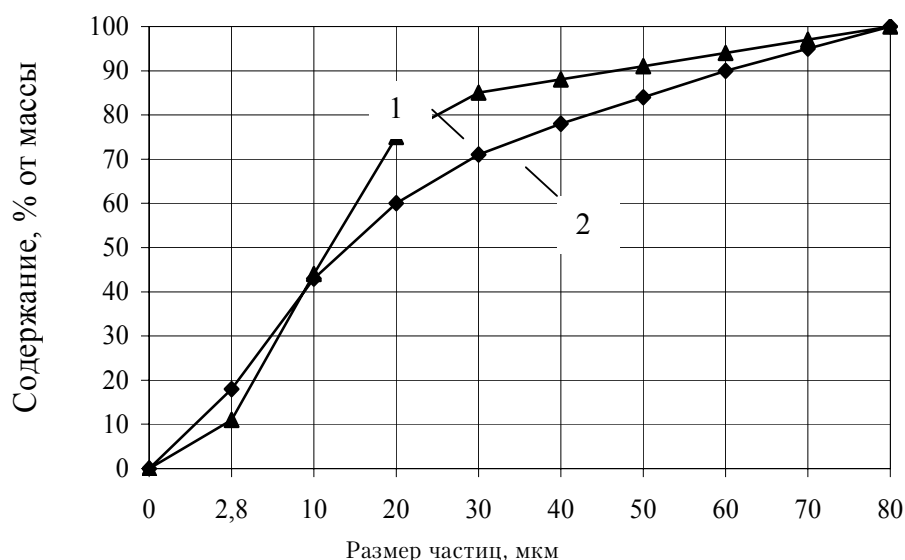


Рисунок – Гранулометрический состав: 1 – шамотно-каолиновой пыли; 2 – термоактивированного каолина.

По данным седиментационного анализа содержание частиц размером менее 20 мкм составило: для ШКП – около 75 %, для ТАК – 60 %. Однако в ТАК содержится значительно больше частиц размером менее 2,8 мкм – примерно 20 против 10 %.

Составы вяжущих композиций принятые для исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Составы алюмосиликатных огнеупорных вяжущих на метасиликате натрия

№ п/п	Состав вяжущего, % от массы			
	шамот	ШКП	ТАК	муллитокорунд
1	75	25	–	–
2	75	–	25	–
3	–	–	10	90

Для приведенных составов вяжущих определялись линейные температурные деформации. Данные деформации вяжущих в процессе нагрева исследовались при помощи дилатометра с корундовой ячейкой. Исследования производились на образцах 2×2×7 см, которые выпиливались из балочек размером 4×4×7 см.

Известно [2, 3, 7], что алюмосиликатные обожженные материалы не претерпевают модификационных превращений и характеризуются примерно одинаковым коэффициентом линейного температурного расширения в температурном интервале 20...1 400 °С. Процессы дегидратации и спекания алюмосиликатной жидкостекольной связи идут сравнительно быстро и практически заканчиваются в процессе первого нагрева. Поэтому линейные температурные деформации вяжущих при первом нагреве фиксировались примерно через каждые 100 °С. Скорость нагрева составляла 200 °С/час. Конечная температура нагрева – 900 °С. Полученные данные представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Линейные температурные деформации алюмосиликатных вяжущих при первом нагреве

№№ составов по табл. 1	Температура нагрева, °С									
	20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
1	0	0,06	–3,47	–6,91	–6,95	–6,98	–7,03	–8,11	–39,53	–56,3
2	0	0,17	0,77	–5,18	–8,28	–8,92	–9,81	–11,26	–25,66	–70,77
3	0	0,03	–0,06	–4,76	–8,23	–9,50	–9,82	–11,77	–33,05	–65,69

На протяжении всего прогрева наблюдается непрерывная усадка образцов. Наиболее заметное их сокращение в температурном интервале 700...900 °С. Это связано с интенсивным спеканием композиции вяжущего. По полученным данным видно, что наименьшей усадочной деформацией (56,3 мм/м или 5,6 %) характеризуется вяжущее первого состава, т. е. на основе ШКП. Для второго и третьего составов усадка составила соответственно 70,77 и 65,69 мм/м.

При повторном и последующих нагревах алюмосиликатные вяжущие претерпевают равномерное расширение во всем температурном интервале 20...900 °С. Коэффициент линейного температурного расширения (α) исследуемых вяжущих составов составил: 5,0; 5,5 и 5,8 10^{-6} °С⁻¹ соответственно. В результате исследований установлено, что наименьшими линейными температурными деформациями характеризуются вяжущие на основе ШКП.

Также исследовано влияние условий твердения на прочность камня вяжущих (табл. 3).

Таблица 3 – Влияние условий твердения на прочность камня вяжущих

	№ № составов по табл. 1	Условия твердения образцов		
		28 сут. при нормальных условиях	Тоже + сушка при 110 °С	Тоже + обжиг при 800 °С
Предел прочности при сжатии, МПа	1	14,1	38,8	76,4
	2	16,7	45,5	48,2
	3	22,6	60,0	80,0

Установлено, что при нормальных условиях твердения прочность рассматриваемых составов примерно одинакова. Сушка образцов при температуре 110 °С приводит к резкому возрастанию прочности вяжущих. В результате обжига при 800 °С в 1 и 3 составах наблюдается значительное увеличение прочности образцов. Это связано со спеканием вяжущих композиций. Во 2 составе после обжига

прочность практически не меняется. Следует отметить, что с увеличением содержания Al_2O_3 в составе вяжущих наблюдается повышение прочности.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования показали, что ШКП играет активную структурообразующую роль как при нагреве алюмосиликатных вяжущих, так и в условиях высоких температур. По сравнению с термоактивированным каолином, использование шамотно-каолиновой пыли в качестве отвердителя для алюмосиликатных огнеупорных вяжущих позволяет улучшить их термомеханические свойства. Установлено, что повышение термомеханических свойств огнеупорных вяжущих, наблюдается при увеличении содержания в их составе глинозема.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сенников, С. Г. Состояние Российской металлургии и огнеупорной промышленности на рубеже третьего тысячелетия [Текст] / С. Г. Сенников, С. Н. Фокин // Огнеупоры и техническая керамика. – 2000. – № 1. – С. 49–56.
2. Кашеев, И. Д. Огнеупоры: материалы, изделия, свойства и применение [Текст] / И. Д. Кашеев, М. Г. Ладыгичев, В. Л. Гусовский // Каталог-справочник в 2 кн. – Книга 1. – Москва : Теплоэнергетик, 2003. – 336 с.
3. Химическая технология керамики и огнеупоров [Текст] / [П. П. Будников, В. Л. Балкевич, И. А. Булавин, Д. Н. Полубояринов, А. С. Бережной, Г. В. Куколев, Р. Я. Попильский] / Под. общ. ред. ак. АН УССР, чл.-корр. АН СССР П. П. Будникова и док. техн. наук, проф. Д. Н. Полубояринова. – М. : Стройиздат, 1972. – 552 с.
4. Абызов, В. А. Выбор рациональной области применения промотходов в керамики жаростойких бетонов [Текст] / В. А. Абызов // Вестник ЮУрГУ. – 2008. – № 25. – С. 29–34.
5. Кашеев, И. Д. Огнеупоры для промышленных агрегатов и топок [Текст] / И. Д. Кашеев, В. Г. Алфеева, М. Г. Ладыгичев, М. З. Нагинский и др. ; под ред. д-ра тех. наук, проф. И. Д. Кашеева // Производство огнеупоров : справочное издание в 2 кн. – Книга 1. – М. : Интермет Инжиниринг, 2000. – 663 с.
6. Шлакощелочные бетоны на мелкозернистых заполнителях [Текст] / Под ред. В. Д. Глуховского. – Киев : Вища шк., 1981. – 224 с.
7. Деркач, М. В. Алюмосиликатные и кремнеземистые огнеупорные бетоны с повышенными термомеханическими свойствами [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.23.05 / М. В. Деркач. – Макеевка : ДонГАСА, 2002. – 22 с.
8. Корнеев, В. И. Растворимое и жидкое стекло [Текст] / В. И. Корнеев. – Санкт-Петербург : Стройиздат, 1996. – 216 с.
9. Корнеев, В. И. Производство и применение жидкого стекла [Текст] / В. И. Корнеев, В. В. Данилов. – М. : Стройиздат, 1999. – 176 с.
10. СН 156-79. Инструкция по технологии приготовления жаростойких бетонов [Текст]. – Введ. 1979-07-01 / НИИЖБ Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1979. – 40 с.

Получено 12.12.2018

Т. П. КИЦЕНКО, О. В. ЄГОРОВА, С. В. ІВАНЕНКО
РІДКОСКЛЯНІ ВОГНЕТРИВКІ АЛЮМОСИЛІКАТНІ В'ЯЖУЧІ НА ОСНОВІ
ТЕРМОАКТИВОВАНОГО КАОЛІНУ І ШАМОТНО-КАОЛІНОВОГО ПИЛУ
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Досліджено термомеханічні властивості вогнетривких алюмосиликатних рідкоскляних в'язучих з отверджувачами на основі термоактивированного каоліну і шамотно-каолінового пилу. Встановлено, що шамотно-каоліновий пил відіграє активну структуротвірну роль як при нагріванні алюмосиликатних в'язучих, так і в умовах високих температур. У порівнянні з термоактивированим каоліном використання шамотно-каолінового пилу як отверджувача для алюмосиликатних вогнетривких в'язучих дозволяє поліпшити їх термомеханічні властивості.

Ключові слова: алюмосиликатні в'язучі, рідке скло, термоактивирований каолін, шамотно-каоліновий пил, термомеханічні властивості.

TATYANA KITSSENKO, ELENA YEGOROVA, SERGEY IVANENKO
LIQUID-GLASS REFRACTORY ALUMINOSILICATE BINDERS BASED ON
THERMALLY ACTIVATED KAOLIN AND CHAMOTTE-KAOLIN DUST
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. Thermomechanical properties of refractory aluminosilicate liquid-glass binders with hardeners based on thermally activated kaolin and chamotte-kaolin dust were investigated. It is established that the chamotte-kaolin dust plays an active structure-forming role both at heating of aluminosilicate binders, and at high temperatures. Compared with thermally activated kaolin, the use of chamotte-kaolin dust as a hardener for aluminosilicate refractory binders allows improving their thermomechanical properties.

Key words: aluminosilicate binders, liquid glass, thermally activated kaolin, chamotte-kaolin dust, and thermomechanical properties.

Киценко Татьяна Петровна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: огнеупорные вяжущие и бетоны.

Егорова Елена Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: самоуплотняющиеся бетоны.

Иваненко Сергей Владимирович – магистрант кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: огнеупорные вяжущие и бетоны.

Киценко Тетяна Петрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: вогнетривкі в'язучі та бетони.

Егорова Олена Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: бетони, що самоупільнюються.

Иваненко Сергій Володимирович – магістрант кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: вогнетривкі в'язучі та бетони.

Kitsenko Tatyana – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: refractory binders and concretes.

Yegorova Elena – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: self compacting concrete.

Ivanenko Sergey – Master's student, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: refractory binders and concretes.

УДК 378

Ю. А. ТАШКИНОВ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СФОРМИРОВАННОСТИ ПРОГНОСТИЧЕСКОЙ
КОМПЕТЕНЦИИ ИНЖЕНЕРА-СТРОИТЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Аннотация. Рассмотрены основные компоненты, которые входят в состав прогностической компетенции. Рассмотрена возможность применения интеллектуальных систем для моделирования прогностической компетенции инженера-строителя. Разработана модель сформированности прогностической компетенции инженера-строителя с использованием программного комплекса Matlab R2014a с модулем Fuzzy Logic Toolbox.

Ключевые слова: инженер-строитель, прогностическая компетенция, правила нечёткой логики, уровень освоения прогностической компетенции.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Пожар в торговом центре «Зимняя вишня» 25 марта 2018 г. (Кемерово) и обрушение автомобильного моста Моранди 14 августа 2018 г. – две последние крупные катастрофы, которые предположительно произошли по вине инженеров-строителей и других специалистов смежных отраслей, однако этот список можно продолжить огромным количеством примеров. Это обусловило **актуальность** формирования прогностической компетентности студентов строительного вуза – будущих инженеров-специалистов. Ведь предсказать будущую катастрофу проще, чем устранять её последствия.

В предыдущие годы в отечественной литературе интерес к прогностической компетенции был невысок, из-за чего теория в русскоязычной литературе разработана недостаточно. Каждый специалист, особенно представители инженерных профессий, должен обладать прогностическими навыками [9]. Внедрение компьютерных технологий в образовательную систему является приоритетными направлениями современной государственной политики. Одним из перспективных направлений, в том числе, является применение искусственного интеллекта и интеллектуальных систем во многих отраслях. Интеллектуальные системы нашли широкое применение. Мы считаем, что данная технология имеет перспективы в области педагогического прогнозирования и формирования прогностической компетенции специалиста.

Теория прогнозирования, как явление, рассмотрена в работах И. В. Бестужева-Лады, А. В. Брушлинского, В. Г. Виноградова, А. М. Гендина, Д. Гилберта, Б. Н. Кузыки, В. А. Лисичкина, В. Я. Райцина, В. М. Сафроновой, Г. Е. Шепитько и др. [1–9]. Однако вопросам формирования прогностических компетенций инженера-строителя посвящена лишь незначительное количество работ.

Цель данной работы: построение модели сформированности прогностической компетенции инженера-строителя с использованием программного комплекса Matlab R2014a с модулем Fuzzy Logic Toolbox.

Прогностическая компетенция – результат образования, при котором уровень подготовленности студента профессиональной деятельности, знания, умения, навыки прогнозирования позволяют [9]: владеть знаниями, умениями и навыками процесса прогнозирования, отбора и логической переработки необходимой информации, анализа, определения тенденций изменения; иметь навыки планирования, целеполагания, программирования, проектирования; развивать способности понимания возможностей, способностей, путей совершенствования.

В таблице показана характеристика каждого из компонентов развития компетенции, в соответствии с [1].

Таблица – Характеристики уровней сформированности профессиональных компетенций будущих инженеров

Уровни	Компонентный состав профессиональных компетенций			
	Когнитивный	Деятельностный	Мотивационно ценностный	Коммуникативный
Репродуктивный	готов воспроизводить изученные алгоритмы решения профессиональных задач	готов решать профессиональные задачи по заданному алгоритму	готов модифицировать имеющиеся образцы задач по заданному алгоритму	готов адекватно анализировать и оценивать свои действия и действия членов учебного коллектива
Продуктивный	готов предлагать алгоритмы аналогичные изученным при решении стандартных задач	готов решать стандартные профессиональные задачи по аналогии с изученным алгоритмом	готов модернизировать профессиональные задачи по оригинальным алгоритмам	готов планировать, организовывать и корректировать свою деятельность и деятельность членов учебного коллектива
Творческий	готов разрабатывать свои оригинальные алгоритмы для решения профессиональных задач	готов применять оригинальные алгоритмы в процессе профессиональной деятельности	готов моделировать нестандартные ситуации, содержащие функциональную профессиональную новизну	готов нести ответственность за результаты профессиональной деятельности, моделировать и прогнозировать свое дальнейшее профессиональное развитие

В соответствии с таблицей творческий уровень освоения прогностической компетенции и её компонентов будем оценивать в 100 баллов (А), продуктивный – 75 баллов (В), репродуктивный – 60 баллов (D), формальный уровень – ниже 60 баллов (F, оцениваем в 0 баллов).

Анализ научной литературы по вопросам соотношения знаний, умений и качеств личности в общей результативной оценке подготовки специалистов позволил выделить следующие весовые коэффициенты компонентов компетентности: когнитивный компонент (Кк) – 0,2; деятельностный компонент (Кд) – 0,5; личностный компонент (Ко) – 0,3 (мотивационный – 0,15, коммуникативный – 0,15) [2].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Мы предлагаем воспользоваться для удобства моделью уровня сформированности итогового уровня прогностической компетентности, которую получим с использованием программного комплекса Matlab R2014a с модулем Fuzzy Logic Toolbox по методике, рассмотренной в учебном пособии М. Г. Коляды [3].

Предварительно необходимо сформулировать правила нечёткой логики. Для этого воспользуемся табличным редактором MS Excel 2007. Всего сформулировали 256 правил нечёткой логики, однако в пределах данной статьи представим только несколько примеров:

- Если Когнитивный компонент = продуктивный уровень И Деятельностный компонент = творческий уровень И Мотивационно ценностный компонент = продуктивный уровень И Коммуникативный компонент = продуктивный ТО Общий уровень сформированности прогностической компетенции = Продуктивный;
- Если Когнитивный компонент = продуктивный уровень И Деятельностный компонент = продуктивный уровень И Мотивационно ценностный компонент = творческий уровень И Коммуникативный компонент = формальный ТО Общий уровень сформированности прогностической компетенции = Репродуктивный;

- Если Когнитивный компонент = творческий уровень И Деятельностный компонент = продуктивный уровень И Мотивационно ценностный компонент = продуктивный уровень И Коммуникативный компонент = репродуктивный ТО Общий уровень сформированности прогностической компетенции = Продуктивный;
- Если Когнитивный компонент = творческий уровень И Деятельностный компонент = репродуктивный уровень И Мотивационно ценностный компонент = продуктивный уровень И Коммуникативный компонент = формальный ТО Общий уровень сформированности прогностической компетенции = Репродуктивный.

Будем использовать режим алгоритма Мамдани. Для этого понадобится 4 входных переменных, каждая из которых будет соответствовать уровню развития компонента прогностической компетенции, и 1 исходящая – общий уровень. Тип функции принадлежности – gaussmf, т. к. большинство педагогических явлений подчиняются нормальному распределению Гаусса [4]. Результат моделирования в формате трёхмерных проекций многомерной зависимости приведены на рис. 5–6, а проекции на двумерную плоскость – на рис. 1–4.

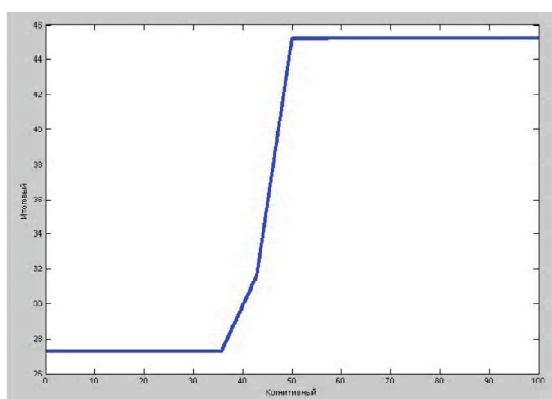


Рисунок 1 – Зависимость итогового значения уровня сформированности прогностической компетенции от уровня сформированности когнитивного компонента.

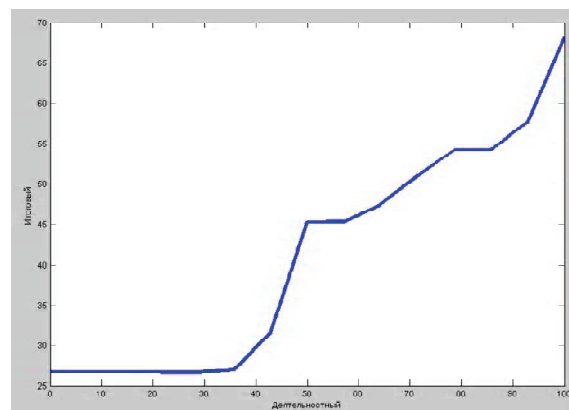


Рисунок 2 – Зависимость итогового значения уровня сформированности прогностической компетенции от уровня сформированности деятельностного компонента.

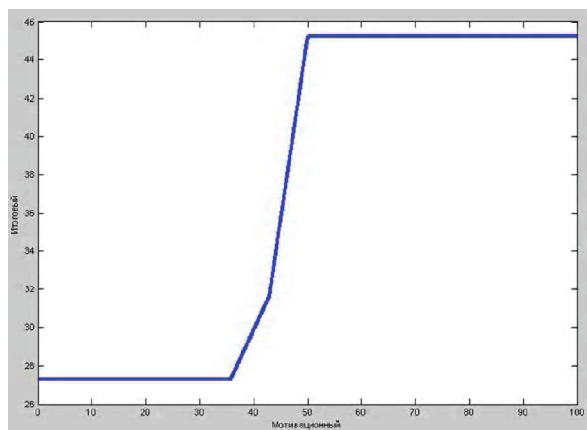


Рисунок 3 – Зависимость итогового значения уровня сформированности прогностической компетенции от уровня сформированности мотивационного компонента.

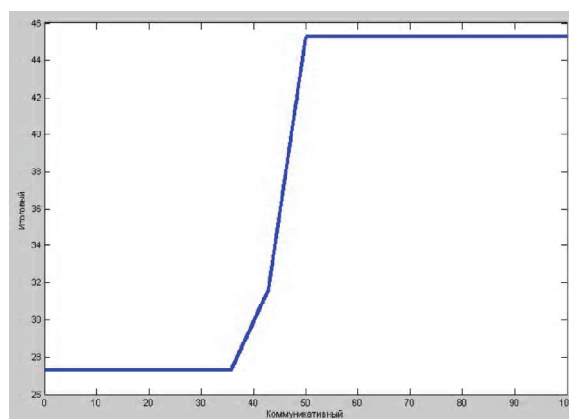


Рисунок 4 – Зависимость итогового значения уровня сформированности прогностической компетенции от уровня сформированности коммуникативного компонента.

Из рис. 1–4 видим, что больше всего уровень сформированности прогностической компетентности зависит от сформированности её деятельностного компонента. Это соответствует утверждению Селиванова [5], что основным средством воспитания является деятельность самого воспитуемого.

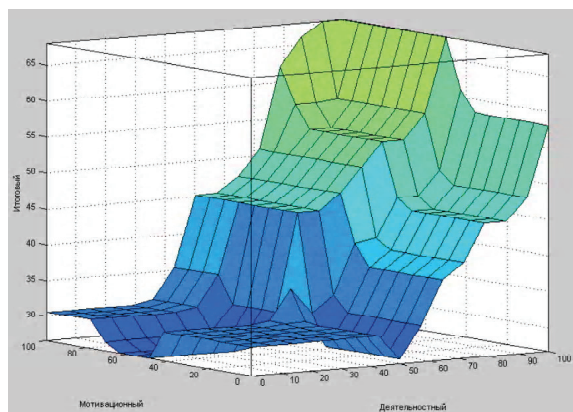


Рисунок 5 – Зависимость итогового значения уровня сформированности прогностической компетенции от уровня сформированности мотивационного и деятельностного компонентов.

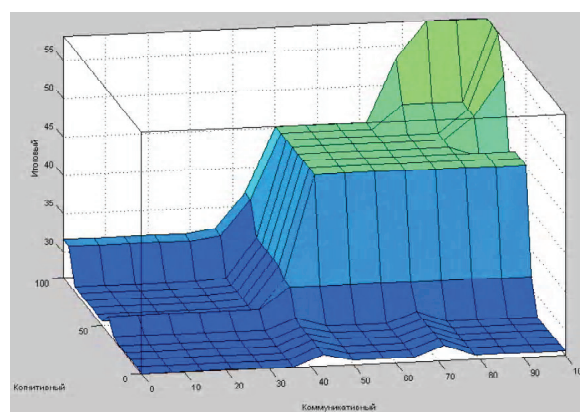


Рисунок 6 – Зависимость итогового значения уровня сформированности прогностической компетенции от уровня сформированности коммуникативного и когнитивного компонентов.

Характер зависимости от каждого компонента имеет нелинейный характер. Мы условно приняли, что формальный уровень развития прогностической компетентности составляет менее 60 %, но и более 20 %. Это связано с тем, что у всех без исключения юношей умение прогнозировать сформировано в той или иной степени, но утверждать, что студент обладает достаточным уровнем компетентности для инженерной деятельности при достоверности прогноза менее 60 %, нельзя. Но каждый из компонентов, сформированный на достаточно высоком уровне, при неразвитости других компонентов компетенции не является основанием для того, чтобы считать, что прогностическая компетенция развита хотя бы на репродуктивном уровне. Это же можно сказать и о той ситуации, когда один из компонентов не развит абсолютно: в этом случае общий уровень развития прогностической компетенции имеет не нулевой уровень.

ВЫВОДЫ

1. Прогностическая компетенция – интегративное умение, которое определяется со множеством факторов.
2. Больше всего уровень сформированности прогностической компетентности зависит от сформированности её деятельностного компонента.
3. Интеллектуальные системы, в частности программный комплекс Matlab R2014a с модулем Fuzzy Logic Toolbox, являются мощным средством для моделирования развития прогностической компетенции инженера-строителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдуллина, А. М. Модель формирования профессиональных компетенций у студентов – будущих инженеров в процессе обучения курсу «Теоретическая механика» в вузе [Текст] / А. М. Абдуллина, А. Р. Камалеева, Н. С. Галимов // Казанский педагогический журнал. – 2013. – № 2(97). – С. 54–65.
2. Билык, В. В. Экспериментальная проверка эффективности формирования проектной компетентности будущего инженера-педагога швейного профиля [Текст] / В. В. Билык // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2014. – № 10 (октябрь). – С. 171–175.
3. Коляда М. Г. Педагогическое прогнозирование в компьютерных интеллектуальных системах [Текст] : учебное пособие / М. Г. Коляда, Т. И. Бугаева. – М. : Изд-во «Русайнс», 2015. – 380 с.
4. Коляда, М. Г. Педагогическое прогнозирование: теоретико-методологический аспект [Текст] : монография / М. Г. Коляда, Т. И. Бугаева. – Донецк : Ноулидж, 2014. – 268 с.
5. Селиванов, В. С. Основы общей педагогики: Теория и методика воспитания [Текст] : учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / Под ред. В. А. Сластенина. – М. : Издательский центр «Академия», 2000. – 336 с.
6. Ташкинов, Ю. А. Компьютерные технологии в образовательном процессе студентов строительного вуза (на примере занятий по химии) [Текст] / Ю. А. Ташкинов, М. Г. Коляда // Интерактивные технологии в современном образовании : сборник научных трудов / отв. ред. Н. Е. Ерофеева. – Орск : Издательство Орского гуманитарно-технологического института (филиала) ОГУ, 2018. – 143 с. – С. 112–117. – ISBN 978-5-8424-0911-2.
7. Ташкинов Ю. А. Моделирование сформированности общего уровня прогностической компетентности инженера-строителя [Текст] / Ю. А. Ташкинов // Донецкие чтения 2018: образование, наука, инновации, культура и вызовы

- современности : материалы III Междунар. науч. конф-ции (25 октября 2018 г., г. Донецк). – Том 6: Педагогические науки / под общ. ред. проф. С. В. Беспаловой. – Донецк : Изд-во ДонНУ, 2018. – С. 181–183.
8. Ташкинов, Ю. А. Оценивание прогностической компетенции будущего инженера-строителя, в зависимости от компонентов [Текст] / Ю. А. Ташкинов, М. Г. Коляда // Подходы к оцениванию учебных достижений на этапе становления нового общественного сознания : сб. материалов Республиканской научно-практической конференции (01 ноября 2018 г., г. Донецк) / Под ред. Н. И. Стовбы, А. И. Чернышева и др. – 2018. – Донецк : [б. и.]. – С. 309–313.
 9. Цалко, Е. В. Прогностическая компетенция будущих работников культуры [Текст] / Е. В. Цалко // General and Professional Education, 2013. – № 3. – С. 26–30.
 10. Gerald, A. Straka Measurement and evaluation of competence [Text] / Gerald, A. Straka // The foundations of evaluation and impact research / eds. P. Descy, M. Tessaring. – Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities, 2004. – 51 p. – p. 44–46. – (Cedefop Reference series, 58).

Получено 13.12.018

Ю. А. ТАШКИНОВ
МОДЕЛЮВАННЯ СФОРМОВАНOSTI ПРОГНОСТИЧНИХ КОМПЕТЕНЦІЙ
ІНЖЕНЕРА-БУДІВЕЛЬНИКА З ВИКОРИСТАННЯМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ
СИСТЕМ
 ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Розглянуто основні компоненти, які входять до складу прогностичної компетенції. Розглянуто можливість застосування інтелектуальних систем для моделювання прогностичної компетенції інженера-будівельника. Розроблено модель сформованості прогностичної компетенції інженера-будівельника з використанням програмного комплексу Matlab R2014a з модулем Fuzzy Logic Toolbox.
Ключові слова: інженер-будівельник, прогностична компетенція, правила нечіткої логіки, рівень освоєння прогностичної компетенції.

JURIY TASHKINOV
MODELING THE FORMATION OF THE PROGNOSTIC COMPETENCE OF THE
CIVIL ENGINEER WITH INTELLIGENT SYSTEMS
 Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The main components that are part of the prognostic competence are considered. The possibility of using intelligent systems to model the predictive competence of a civil engineer is considered. A model of the development of prognostic competence of a civil engineer using the Matlab R2014a software package with the Fuzzy Logic Toolbox module has been developed.

Key words: civil engineer, prognostic competence, fuzzy logic rules, level of prognostic competence.

Ташкинов Юрий Андреевич – ассистент кафедры прикладной химии ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»; аспирант кафедры инженерной и компьютерной педагогики ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». Научные интересы: использование компьютерных технологий, в частности – интеллектуальных систем, в образовательном процессе.

Ташкінов Юрій Андрійович – асистент кафедри прикладної хімії ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»; аспірант кафедри інженерної та комп'ютерної педагогіки ДОУ ВПО «Донецький національний університет». Наукові інтереси: використання комп'ютерних технологій, зокрема – інтелектуальних систем, в освітньому процесі.

Tashkinov Yuriy – Assistant, Applied Chemistry Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture; graduate student, of the department of Engineering and Computer pedagogy (13.00.08 «Theory and Methods of Vocational Education») of the Donetsk National University. Scientific interests: the use of computer technology, in particular-intellectual systems, in the educational process.

УДК 620.93

А. Ю. СОБОЛЕВ, Е. А. ПОКИНТЕЛИЦА

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ЭВТЕКТИЧЕСКИЕ СМЕСИ КАК НАДЕЖНЫЕ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

Аннотация. В данной работе на основании анализа экспериментальных данных термоциклирования смесей кристаллогидратов солей натрия и смеси углеводородов показано, что оптимальными для использования в тепловых аккумуляторах являются эвтектические смеси. Такие смеси наиболее стабильны при длительной эксплуатации, обладают наименьшими предкристаллизационными переохлаждениями и не требуют стабилизирующих добавок. Их можно использовать и как аккумуляторы тепла, так и в качестве аккумуляторов холода.

Ключевые слова: тепловой аккумулятор, теплоаккумулирующий материал, теплоэнергетика, кристаллогидраты, нафталин, дибензил, фазовый переход, переохлаждение.

Тепловые аккумуляторы (ТА) в промышленной теплоэнергетике занимают большое место, т. к. включение их в систему теплоснабжения позволяет существенно сократить финансовые расходы и сгладить суточные колебания температуры в зданиях и сооружениях. Одной из разновидностей ТА являются ТА с фазовым переходом. Широкое применение ТА предполагает наличие экспериментальной базы, содержащей информацию о фазопереходных явлениях в различных веществах, расширении номенклатуры материалов. К числу малоизученных в этом отношении относятся такие классы веществ, как кристаллогидраты и низкомолекулярные органические соединения, теплофизические свойства которых широко используются для получения фазопереходных теплоаккумулирующих материалов (ТАМ) [1].

В целом ряде работ можно найти противоречивые сведения о влиянии термоциклов на теплофизические характеристики ТАМ. Ранее была показана устойчивость ТАМ на основе кристаллогидратов солей натрия к многочисленному термоциклированию. Достигнуты величины выделения тепловой энергии при кристаллизации порядка 140...200 кДж/кг на протяжении нескольких тысяч циклов нагревания – охлаждения. Также было исследовано влияние числа термоциклов на зародышеобразование в растворе $H_2O - Na_2SO_4$. В качестве зародышеобразующих веществ использованы бура и глинозем в количестве 2,6 и 9,3 масс.% соответственно. Экспериментальные результаты получены в 600 циклах нагревания – охлаждения в интервале 11–50 °С. Показано, что с увеличением числа циклов размер кристаллов возрастает, что отражается на изменении температуры кристаллизации, т. е. на переохлаждении.

Как видим, добавка к кристаллогидратам различных ингибиторов способствует уменьшению переохлаждения при кристаллизации растворов. Однако недостатком их использования является неустойчивость смесей кристаллогидратов с ингибиторами при многократном термоциклировании. Примером такого явления могут служить опыты с АН-3 (трехводным ацетатом натрия) с ингибитором $Na_2PO_4 \cdot 12H_2O$. Сначала он снижает переохлаждение с 80 до 5 градусов, однако через несколько термоциклов либо при перегреве раствора переохлаждение вновь возвращалось к 80 градусам [9].

Из органических соединений наиболее эффективным тепловым аккумулятором является парафин [2], т. к. выполняется одно из важнейших требований, предъявляемых к ТАМ – отсутствие у него переохлаждений, но, несмотря на это, происходит отложение кристаллов парафина на стенках аккумулятора из-за низкой теплоемкости, что резко снижает эффективность его использования при многочисленном термоциклировании.

Здесь приведен лишь краткий перечень изобретений, относящихся к ТАМ, в которых используются смеси кристаллогидратов с различными добавками и парафин. Вместе с тем их анализ и анализ последующих изобретений и других литературных источников свидетельствует об отсутствии систематических исследований систем двойных и тройных кристаллогидратов и органических соединений.

Очевидно, необходим поиск других методик, снижающих переохлаждение и одновременно повышающих стабильность работы ТАМ в циклах плавления-кристаллизации без привлечения дополнительных дорогостоящих компонентов.

Наши исследования [3–5] однозначно показывают, что использование двух и более кристаллогидратов и органических веществ в ТА позволяет без введения пассивных компонентов (не участвующих в накоплении тепла при фазовом переходе) значительно снизить предкристаллизационные переохлаждения, а также получить систему достаточно устойчивую к длительному термоциклированию.

На основании проведенных нами термических исследований трех эвтектических бинарных систем кристаллогидратов: $\text{NaCH}_3\text{COO} \cdot 3\text{H}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (АН-3 – СН-10), $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} - \text{NaCH}_3\text{COO} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (КН-10 – АН-3) и $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (КН-10 – ТСН-5) и системы нафталин-дибензил можно сделать выводы, что переохлаждения уменьшаются при приближении смеси к эвтектическому составу (таблицы 1–4).

Таблица 1 – Предкристаллизационные переохлаждения ΔT^- в смеси АН-3 – СН-10 в зависимости от концентрации СН-10

% СН-10 в смеси	0	10	20	30	40	50 (эвт.)	60	70	80	90	100
T^- , °C	78,0	76,0	72,0	70,0	59,0	14,0	23,0	22,0	21,0	21,0	22,0

Таблица 2 – Предкристаллизационные переохлаждения ΔT^- в смеси КН-10 – АН-3 в зависимости от концентрации АН-3

% АН-3 в смеси	0	10	20	30	34 (эвт.)	40	50	60	70	80	90	100
T^- , °C	13,5	11,6	10,2	6,5	2,5	10,1	11,5	13,0	16,0	19,0	23,0	78,0

Таблица 3 – Предкристаллизационные переохлаждения ΔT^- в смеси КН-10 – ТСН-5 в зависимости от концентрации ТСН-5

% ТСН-5 в смеси	0	10	20	27 (эвт.)	30	40	50	60	70	80	90	100
T^- , °C	13,5	9,3	11,8	0,1	3,0	11,7	8,7	10,0	8,6	11,1	17,5	55,0

Таблица 4 – Предкристаллизационные переохлаждения ΔT^- в смеси нафталин – dibензил в зависимости от концентрации dibензила

% dibензила в смеси	0	10	20	30	40	50	60	68 (эвт.)	80	90	95	100
T^- , °C	10,0	7,0	6,0	4,0	4,0	2,0	1,0	2,0	4,0	15,0	19,0	22,0

В свою очередь, величина предкристаллизационного переохлаждения зависит от предварительного перегрева жидкой фазы. Как правило, такие зависимости имеют ступенчатый вид (рис. 1): при достижении некоторой «критической температуры» переохлаждение резко возрастает. Эта закономерность справедлива для всех составов, однако эвтектические составы менее зависимы от перегревов, что делает их более выгодными составами для ТА.

ТА в промышленных и бытовых условиях эксплуатируются значительное время, поэтому стабильность тепловых характеристик при длительной эксплуатации является ключевым фактором. При длительном термоциклировании (~100 термоциклов) именно эвтектические смеси показали наилучшую стабильность как по температуре, так и по теплоте фазового перехода (рис. 2).

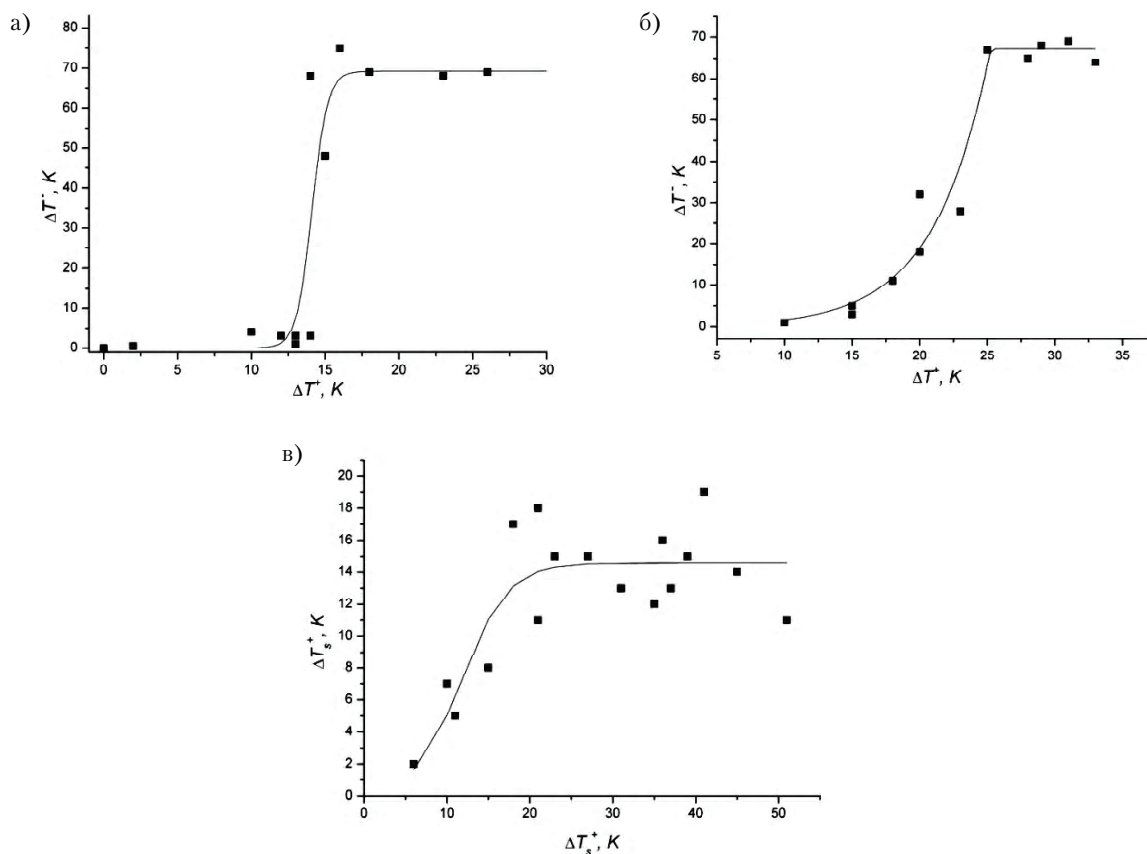


Рисунок 1 – Зависимость предкристаллизационных переохлаждений от прогрева жидкой фазы для составов: а) 10 % СН-10 – 90 % АН-3; б) 30 % СН-10 – 70 % АН-3; в) 50 % СН-10 – 50 % АН-3.

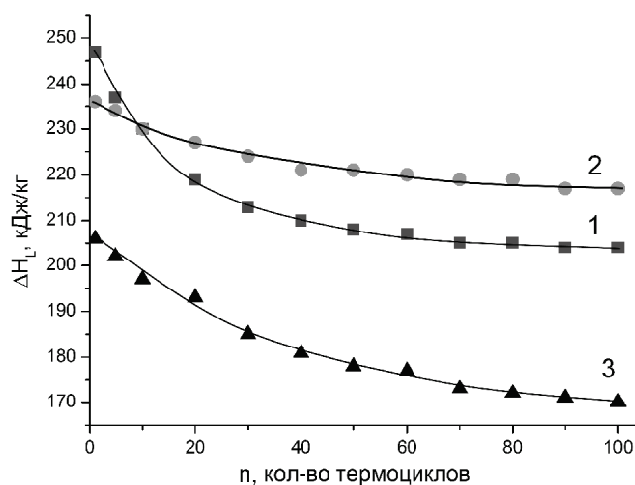


Рисунок 2 – Зависимости энтальпий плавления от числа n термоциклов для составов: 1) 100% КН-10; 2) 27% ТСН-5 – 73% КН-10; 3) 100% ТСН-5.

Таким образом, можно сделать вывод, что использование в ТА именно эвтектических смесей кристаллогидратов позволит максимально продлить срок их эксплуатации без заметного снижения тепловых характеристик, а также минимизировать переохлаждения при разрядке ТА.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теплоаккумулирующие материалы на основе кристаллогидратов [Текст] / [В. Д. Александров, О. В. Соболев, С. А. Фролова, И. В. Сельская, А. Ю. Соболев и др.] // Вісник Донбаської національної академії будівництва та архітектури. – 2009. – Вип. 1(75) Сучасні будівельні матеріали. – С. 100–103.
2. Остапенко, В. В. Фазопереходный аккумулятор теплоты для нужд систем теплоснабжения [Текст] : дис. канд. тех. наук : 05.23.03 / Остапенко Виталий Валериевич. – Макеевка, 2014. – 176 с.
3. Амерханова, Ш. К. Построение диаграммы состояния системы $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} - \text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ [Текст] / Ш. К. Амерханова, В. Д. Александров, А. Ю. Соболев // Вестник Карагандинского университета. Серия: химия, 2014. – № 3(75). – С. 26–32.
4. Александров, В. Д. Диаграммы состояния системы $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ [Текст] / В. Д. Александров, А. Ю. Соболев // Неорганические материалы. – 2014. – Т. 50, №7. – С. 739–744.
5. Aleksandrov, V. D. Nonequilibrium Crystallization of Alloys in the Naphthalene-Dibenzyl System [Text] / V. D. Aleksandrov, O. A. Pokyntelytsia, N. V. Shchebetovskaya // Russian Journal of Physical Chemistry A. – 2014. – Vol. 88. – No. 8. – P. 1307–1311.

Получено 14.12.2018

О. Ю. СОБОЛЕВ, О. А. ПОКИНТЕЛИЦЯ ЕВТЕКТИЧНІ СУМІШІ ЯК НАДІЙНІ ТЕПЛОАКУМУЛЮВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У даній роботі на підставі аналізу експериментальних даних термоциклуювання сумішей кристалогідратів солей натрію та сумішей вуглеводнів показано, що оптимальними для використання в теплових акумуляторах є евтектичні суміші. Такі суміші найбільш стабільні під час тривалої експлуатації, мають найменші передкристалізаційні переохолодження та не вимагають стабілізуювальних домішок. Їх можна використовувати як акумулятори тепла, так і як акумулятори холоду.

Ключові слова: тепловий акумулятор, теплоаккумулювальний матеріал, теплоенергетика, кристалогідрати, нафталін, дибензил, фазовий перехід, переохолодження.

ALEKSANDR SOBOLEV, OLENA POKYNTELYTSIA EUTECTIC MIXTURES AS RELIABLE HEAT ACCUMULATING MATERIALS Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. In this work on the basis of the experimental data analysis of thermocycling mixes of sodium salts crystalline hydrates and hydrocarbons it is shown that for use in heat accumulators the eutectic mixes are optimum. Such mixes are the most consistent at long operation, possess the smallest precrystallization supercoolings and do not demand the stabilizing additives. They can be used and as heat accumulators, and as cold accumulators.

Key words: heat accumulator, heat accumulating material, heat-and-power engineering, crystalline hydrates, naphthalene, dibenzyl phase change, supercooling.

Соболев Александр Юрьевич – старший преподаватель кафедры физики и физического материаловедения ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: фазопереходные теплоаккумулирующие материалы, кристаллогидраты, теплоэнергетика.

Покинтелиця Елена Анатольевна – ассистент кафедры физики и физического материаловедения ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: термодинамика и кинетика фазовых превращений.

Соболев Олександр Юрійович – старший викладач кафедри фізики та фізичного матеріалознавства ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: фазоперехідні теплоаккумулювальні матеріали, кристалогідрати, теплоенергетика.

Покинтелиця Олена Анатоліївна – асистент кафедри фізики і фізичного матеріалознавства ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: термодинаміка і кінетика фазових переходів.

Sobolev Aleksandr – senior lecturer, Physics and Physical Materials Science Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: phase transition heat storage materials, crystalline hydrates, power system.

Pokyntelytsia Olena – assistant, Physics and Physical Materials Science Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: thermodynamics and kinetics of phase transitions.

УДК 624.01

В. Н. ЛЕВЧЕНКО, В. Ф. КИРИЧЕНКО, А. А. ЧИПИЖКО, Ю. А. КРАВЧЕНКО
ГООУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ВЫБОР СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ СОПОСТАВЛЕНИЯ И УСЛОВИЯ ИХ СРАВНИМОСТИ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы, связанные с выбором вариантов комплексных конструктивных решений или отдельных конструкций на основе технико-экономических показателей предлагаемых вариантов наряду с показателями прогрессивных решений. Анализируются условия сопоставимости и влияние на них различных факторов (влияние массы конструкций, температурных деформаций, учёт связей в здании или сооружении, влияние особенностей крепления конструкций, степени огнестойкости и электропроводимости конструкций). Сложность технико-экономической проблемы с выбором оптимального варианта конструкций состоит в том, что существенное влияние оказывают не только вышеперечисленные факторы, но и в том числе технические свойства материала конструкции, тип зданий и сооружений, условия их эксплуатации, природно-климатические и экономико-географические особенности районов строительства.

Ключевые слова: ффективность, сопоставимость, оптимизация, теплопередача, смежные элементы.

Выбор вариантов конструктивных решений (комплексов конструкций) или отдельных конструкций для конкретного объекта строительства рекомендуется производить на основе сопоставления технико-экономических показателей предлагаемых решений или конструкций с показателями лучших, прогрессивных решений, применяемых в данном районе строительства или предусмотренных в проектах, или сопоставляя несколько вариантов решений, возможных для данных условий строительства. Для решения вопроса о развитии базы по производству новых конструкций в том или ином районе строительства необходимо сравнивать предлагаемые новые конструкции с наиболее экономичными для данной области применения конструкциями [5].

Условия сопоставимости

Для обеспечения сравнимости вариантов строительных конструкций они должны иметь одинаковое назначение, быть рассчитанными на одинаковые полезные, ветровые и снеговые нагрузки и запроектованными в соответствии с действующими строительными нормами и правилами, а также техническими условиями для одних и тех же климатических, сейсмических и грунтовых условий и условий эксплуатации. Необходимо обеспечивать по вариантам сопоставимый технический уровень проектных решений конструкций и методов их изготовления и возведения [4, 6].

Следует иметь в виду, что поскольку эффективность применения железобетонных и стальных конструкций в значительной степени зависит от величины нагрузок, пролетов, высот, размеров зданий и сооружений, то при обосновании области рационального их применения рекомендуется сопоставлять конструкции при минимальных, максимальных и наиболее часто применяемых нагрузках на конструкции и других параметрах зданий и сооружений. При определении эффективности применения некоторых типов конструкций в массовом строительстве (например, оболочек) необходимо сопоставлять их с плоскостными конструкциями для зданий различных типов (крановых, бескрановых, оборудованных подвесным транспортом, фонарных и бесфонарных) при различных размерах зданий в плане и различных их высотах, поскольку при изменении типа и площади зданий в значительной степени изменяются влияние продольных и торцовых стен, перегородок, затраты на сборку и демонтаж кондукторов (если они требуются для данного вида конструкций) и другие факторы.

При сравнении ограждающих или несущих-ограждающих конструкций отапливаемых зданий сопротивление теплопередаче их может быть одинаковым и различным. Сопротивление теплопередаче вызывается конструктивными особенностями рассматриваемых вариантов, поэтому необходимо учитывать разницу в единовременных и эксплуатационных затратах на отопление объекта. Для каждого из рассматриваемых вариантов следует принимать параметры конструкций, влияющие на сопротивление теплопередаче, экономически оптимальными.

Сравнивать конструкции необходимо при равной степени их законченности и равном соответствии техническим нормам. Показатели трудоемкости и стоимостные показатели должны быть сопоставимы по методам определения. Так, если для одного варианта затраты труда на возведение приняты по фактическим данным, то и для другого варианта также следует принимать фактические показатели трудоемкости. Нельзя сделать объективный вывод о различной трудоемкости возведения конструкций, определив трудоемкость одного варианта по сметным нормам, а другого – по фактическим данным, так как, с одной стороны, может быть различным перечень учитываемых трудовых затрат, а с другой стороны – фактическая трудоемкость может быть меньше сметной вследствие невыполнения норм выработки.

Не следует ставить условием одинаковость конструктивной формы или сетки колонн при сопоставлении конструкций из различных материалов. Правильнее для каждого материала принимать решение, экономически наиболее эффективное в данных условиях применения.

При оценке эффективности пространственных конструкций (сборно-монолитных железобетонных оболочек покрытий, пространственно-решетчатых стальных конструкций покрытий) по сравнению с плоскостными решениями покрытия важно правильно выбрать сетку колонн. Сетку колонн следует принимать экономически оптимальной для каждого из вариантов, а не одинаковой для всех вариантов. Конечно, выбранная сетка колонн должна удовлетворять требованиям, предъявляемым технологами и касающимся размещения технологического оборудования.

Диаметры напорных трубопроводов рекомендуется принимать оптимальными, применяя при этом трубы, изготовленные из различных материалов (стальные, железобетонные, пластмассовые, асбестоцементные и т. д.).

Учет различий в смежных элементах

При сравнении отдельных конструкций из сборного железобетона, стали, дерева и других материалов большое, а иногда решающее значение имеет, как показали данные проведенных исследований, учет различий в затратах на смежные с рассматриваемыми конструкциями элементы зданий и сооружений [3]. Различия в смежных элементах могут быть вызваны следующими факторами: различной массой конструкций; неодинаковым очертанием верхнего и нижнего поясов ферм или балок покрытий и габаритами балок перекрытий; неодинаковой конструктивной схемой сравниваемых вариантов; неодинаковым расстоянием между температурными швами; различной степенью огнестойкости и электропроводимости конструкций; различным решением связей; различным креплением рассматриваемых конструкций к смежным конструкциям и креплением подвесного подъемно-транспортного оборудования к рассматриваемым конструкциям.

В отдельных случаях возникает необходимость учитывать различия в затратах на другие объекты, а не только на данное здание или сооружение, для которого исследуется сравнительная эффективность применения конструкций из различных материалов.

Проиллюстрируем влияние этих факторов.

Влияние массы конструкций

Масса конструкций из металла в несколько раз меньше массы конструкций из сборного железобетона, что позволяет во многих случаях облегчить нижележащие конструкции, различия в затратах на которые необходимо учитывать при сравнении вариантов конструкций. Так, замена тяжелых железобетонных плит, из которых выполнено покрытие машинного зала главного корпуса ГРЭС, стальным профилированным оцинкованным настилом, укладываемым по прогонам, позволяет благодаря облегчению стальных ферм пролетом 45 м компенсировать дополнительный расход стали на прогоны и настил (таб.).

Облегчение основных несущих конструкций следует учитывать и при сравнении клефанерных панелей, утепленных минераловатными плитами, с обычным решением беспустотного покрытия по прогонам с утеплителем в виде фибролита или пенобетона (таб.).

Таблица – Тяжелые железобетонные плиты покрытия машинного зала главного корпуса ГРЭС

Конструкции	Расход стали, кг/м ² , на покрытия пролетом 45 м при шаге ферм 12 м	
	со стальным настилом и утеплителем из пенопласта	с железобетонными плитами и утеплителем из пенобетона
Стропильные фермы	21	35,5
Связи	4,5	5,7
Прогоны	10	–
Настил	13	–
Железобетонные плиты (3×12 м)	–	12,8
Итого	48,5	54

Влияние очертаний конструкций и конструктивной схемы (формы)

При сопоставлении сегментных ферм и полигональных ферм с пологим очертанием верхнего пояса важно учитывать для полигональных ферм затраты на связи и дополнительные затраты на наружные стены (вследствие большей высоты полигональных ферм на опоре); для сегментных ферм следует принимать во внимание дополнительные затраты на пароизоляцию, утеплитель, стяжку и кровлю (вследствие большей площади кровли и меньшей ее долговечности). Следует учитывать также разницу в затратах на плиты (прогоны и настил) вследствие различной величины снеговой нагрузки.

Различие в затратах на второстепенные несущие конструкции и прочие элементы покрытий необходимо учитывать и при сопоставлении треугольных, сегментных и многоугольных ферм, а также при сопоставлении покрытий с применением сегментных ферм или арок с наружным отводом воды и многопролетных. В последнем случае надлежит учитывать также различия в затратах на колонны, фундаменты и внутренние торцовые стены, перегородки и внутренние водостоки. Следует принимать во внимание различия в затратах на кровлю, стены и внутренние водостоки при сопоставлении оболочек двоякой кривизны и плоскостных конструкций с применением сегментных ферм.

При сопоставлении сборно-монолитных и монолитных многопролетных конструкций покрытий и сборных конструкций покрытий зданий для условий строительства на просадочных грунтах рекомендуется учитывать различия в затратах на фундаменты даже при одной и той же сетке колонн и незначительной разнице в нагрузках от собственной массы покрытий [7]. Необходимость в таком учете вызывается тем, что для сборно-монолитных и монолитных многопролетных неразрезных покрытий требования к разнице в осадке смежных фундаментов более жесткие, чем к разрезным конструкциям.

При сопоставлении конструктивных решений каркасов и покрытий с различной сеткой колонн или различным шагом ферм необходимо учитывать разницу в затратах на пути под мостовые и подвесные краны, подвесные потолки, мостики для обслуживания систем освещения, крепление коммуникаций и т. д. При сравнении конструктивных решений перекрытий, укладываемых на различной высоте, например, при сравнении безбалочных перекрытий с балочными, следует учитывать увеличение строительной высоты этажей при применении балочных конструкций и, как следствие этого, возрастание высоты наружных и внутренних стен и перегородок, а также площади лестничных маршей. В некоторых случаях возможность снижения строительной высоты перекрытия может оказать существенное влияние на выбор типа перекрытия. Такой случай возможен при сопоставлении монолитных безбалочных перекрытий и сборных ребристых перекрытий заглубленных сооружений специального назначения при высоком уровне грунтовых вод.

Влияние температурных деформаций

При сопоставлении стальных и железобетонных колонн для зданий большой площади с покрытием по стальным фермам важно иметь в виду, что применение стальных колонн позволяет принять большее расстояние между температурными швами (до 216 м вместо 72 – 144 м при железобетонных колоннах). При увеличении расстояния между поперечными и продольными температурными швами можно сократить число колонн и уменьшить затраты на фермы и связи покрытий. Этот фактор существенно влияет на показатели и выводы.

Так, для бескранового здания размером в плане 72×216 м с сеткой колонн 12×18 м, высотой 4,8 м с покрытием по стальным фермам при нагрузке от покрытия 3,5 кН/м² применение стальных колонн вместо типовых сборных железобетонных не только не приводит к увеличению расхода стали, а даже,

наоборот, экономит около 1 кг/м² стали. Если же не учитывать разницу в затратах на фермы и связи, то превышение расхода стали на стальные колонны составит 0,8 кг/м².

Этот фактор следует учитывать и при оценке эффективности увеличения расстояния между температурными швами при применении колонн из одного материала (например, железобетонных). Как показывают проведенные рядом институтов расчеты, при использовании железобетонных колонн целесообразно во многих случаях увеличивать расстояние между температурными швами до 144 м, а в отдельных случаях до 216 м.

Влияние решения связей

При оценке типов основных несущих конструкций, выполненных из различных материалов, следует учитывать горизонтальные и вертикальные связи, обеспечивающие устойчивость конструкции. Учет связей или разницы в затратах на связи необходим и при сопоставлении некоторых вариантов ограждающих конструкций покрытий, например, при оценке эффективности применения в покрытиях со стальными фермами асбестоцементных утепленных панелей и железобетонных плит. Если расход стали на связи при сопоставлении стальных и железобетонных ферм (а также некоторых других конструкций) не учитывался, это приводило в ряде случаев к неверным выводам. Расход стали на связи по стальным фермам достигает 5 кг/м² площади здания (а в отдельных случаях и более), их стоимость составляет до 40 % стоимости стальных ферм.

Влияние особенностей крепления конструкций

Крепление смежных конструктивных элементов, различного оборудования и коммуникаций к конструкциям из сборного железобетона и стали различно. Как правило, такое крепление проще при стальных конструкциях. Для крепления плит покрытия, связей, стеновых панелей, различного оборудования, подкрановых рельсов и т. п. в сборных железобетонных конструкциях предусматриваются стальные закладные детали, расход материалов на которые необходимо учитывать.

При подкрановых балках из железобетона гораздо сложнее крепление подкранового рельса, чем при стальных балках, так как для уменьшения динамических воздействий под рельсы, укладываемые по железобетонным балкам, подкладывают упругие прокладки, изготовленные, например, из прорезиненной ткани. Кроме того, при железобетонных балках под краны грузоподъемностью 10...20 т укладывают крановые рельсы большего сечения, чем при стальных балках.

Влияние степени огнестойкости и электропроводимости конструкций

Для некоторых видов конструкций зданий и сооружений необходимо учитывать разницу в затратах на смежные элементы, вызываемую различной степенью огнестойкости и электропроводимости сравниваемых конструкций.

Так, при сравнении вариантов надземных стальных и сборных железобетонных заглубленных резервуаров, сооружаемых для хранения нефтепродуктов, необходимо учитывать разницу в затратах на освоение территории, ее благоустройство и прокладку трубопроводов, что связано с различным расстоянием между резервуарами (при стальных надземных резервуарах это расстояние должно быть больше).

При сравнительной оценке эффективности применения в зданиях стальных и железобетонных конструкций, характеризующихся различной степенью огнестойкости, следует в необходимых случаях учитывать дополнительные затраты на брандмауэры, противопожарные преграды и устройство спринклера, а в некоторых случаях иметь в виду дополнительные затраты на освоение и благоустройство промышленной площадки, а также на прокладку коммуникаций (в связи с тем, что минимальное расстояние между зданиями I и II степени огнестойкости и зданиями III–V степени огнестойкости различно).

При сравнении железобетонных и легких металлических конструкций покрытий зданий большой площади следует учитывать для последних возможные дополнительные затраты на устройство противопожарных преград, брандмауэров, спринклера и противопожарного водопровода.

ВЫВОДЫ

Наиболее целесообразным может быть только такой метод оценки вариантов конструктивных решений зданий и сооружений, при котором все их разногласия в размере и времени, которое было потрачено на их осуществление, учитывается на единой теоретической основе с учетом всех перечисленных выше факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баращиков, А. Я. Оценка технического состояния зданий и инженерных сооружений [Текст] : учеб. пособие для студентов высших учеб. заведений / А. Я. Баращиков. – Киев : «Основа», 2008 – 315 с.
2. Фадеева, Г. Д. Решение проблем эксплуатации зданий промышленных предприятий [Текст] / Г. Д. Фадеева, И. Н. Гарькин // Молодой ученый. – 2014. – № 12(71). – Часть 1. – С. 120-121. – ISSN 2072-0297.
3. Руководство по эксплуатации строительных конструкций производственных зданий промышленных предприятий [Текст] / ЦНИИпроезданий. – 4-е изд., стереотипное. – М. : Стройиздат, 1981. – 57 с.
4. Левченко, В. Н. Актуальные вопросы проектирования экономических зданий и сооружений путем оптимизации проектных решений и реконструкции действующих предприятий [Текст] : учеб. пособие / В. Н. Левченко, Н. А. Невгень. – Макеевка : ДонНАСА, 2018. – 198 с.
5. Левченко, В. Н. Выбор оптимальных вариантов инженерных решений [Текст] : учеб. пособие / В. Н. Левченко, Н. С. Летников; Выпуск межведомственной литературы Минвуза УССР. – Киев : [б. и.], 1990 – 80 с.
6. Левченко, В. М. Удосконалення проектних рішень і оцінка ефективності проектів промислових будівель [Текст] : навчальний посібник / В. М. Левченко, Д. В. Левченко ; Міносвіти і науки України. – Макіївка : ДонНАБА, 2004. – 310 с.
7. Сарычев, В. С. Эффективность унификации объемно-планировочных и конструктивных решений промышленных зданий [Текст] / В. С. Сарычев, И. Л. Апарин // Экономическая эффективность капитальных вложений и внедрения новой техники в строительство. – М. : Стройиздат, 1985. – 269 с.

Получено 17.12.2018

В. М. ЛЕВЧЕНКО, В. Ф. КИРИЧЕНКО, О. О. ЧИПИЖКО, Ю. О. КРАВЧЕНКО ВИБІР БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ДЛЯ ЗІСТАВЛЕННЯ І УМОВИ ЇХ ПОРІВНЯНОСТІ

ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У статті розглядаються питання, пов'язані з вибором варіантів комплексних конструктивних рішень або окремих конструкцій на основі техніко-економічних показників пропонувананих варіантів поряд із показниками прогресивних рішень. Аналізуються умови порівнянності й вплив на них різних факторів (вплив маси конструкцій, температурних деформацій, урахування зв'язків у будинку або споруді, вплив особливостей кріплення конструкцій, ступені вогнестійкості й електропровідності конструкцій). Складність техніко-економічної проблеми з вибором оптимального варіанта конструкцій полягає в тому, що істотний вплив виявляють не тільки вищеперераховані фактори, але й у тому числі технічні властивості матеріалу конструкції, тип будинків і споруд, умови їх експлуатації, природно-кліматичні й економіко-географічні особливості районів будівництва.

Ключові слова: ефективність, порівнянність, оптимізація, теплопередача, суміжні елементи.

VICTOR LEVCHENKO, VLADIMIR KIRICHENKO, ALEKSANDR CHIPIZHKO, IURI KRAVCHENKO

THE CHOICE OF BUILDING STRUCTURES FOR COMPARISON AND THE CONDITIONS OF THEIR COMPARABILITY

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The paper deals with the problems of choosing alternatives of either integrated design solutions or single structures on the basis of technical and economic indices of the proposed alternatives along with advanced solutions indices. The paper reviews both the compatibility conditions and the effect of various factors on them, such as structural weight, temperature strains, considering structural binding, the effect of specific features of structural bracing, grade of fire resistance and electric conductivity of a structure. The complexity of the technical and economic problem of choosing the optimum alternative of a structure is that not only the above mentioned factors but also technical properties of structural materials, type of buildings and structures, application conditions, nature and climate features as well as economic and geographical features of construction areas are to be taken into account.

Key words: efficiency, compatibility, optimization, thermal transfer, abutting members.

Левченко Виктор Николаевич – кандидат технических наук, профессор; проректор по научно-педагогической и воспитательной работе ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование экономических строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Кириченко Владимир Федорович – старший преподаватель кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование экономичных строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Чипижко Александр Александрович – магистр ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование экономичных строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Кравченко Юрий Александрович – магистр ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование экономичных строительных конструкций и разработка оптимальных конструктивных и объемно-планировочных решений промышленных зданий и инженерных сооружений.

Левченко Віктор Миколайович – кандидат технічних наук, професор; проректор з науково-педагогічної і виховної роботи ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

Кириченко Володимир Федорович – старший викладач кафедри технології і організації будівництва ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

Чипижко Олександр Олександрович – магістр ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

Кравченко Юрій Олександрович – магістр ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування економічних будівельних конструкцій і розробка оптимальних конструктивних і об'ємно-планувальних рішень промислових будівель та інженерних споруд.

Levchenko Victor – Ph. D. (Eng.), Professor, Vice-rector in education and pedagogic activities, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, chancellor's office. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

Kirichenko Vladimir – senior lectures, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

Chipizhko Aleksandr – Master, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

Kravchenko Iurii – Master, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: economically attractive building structures design and developing the structural and spatial designs of industrial buildings and engineering structures.

УДК 691.173:665.775.4

А. В. ЗАГОРОДНЯЯ^а, А. И. ГРИЦУК^б, И. В. МАРТЫНЮК^б^а ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет», ^б ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ РАСТВОРЕНИЯ ДИВИНИЛСТИРОЛЬНОГО БЛОК-СОПОЛИМЕРА В УГЛЕВОДОРОДНОМ РАСТВОРИТЕЛЕ

Аннотация. Статья посвящена изучению кинетики и механики растворения полимера и его совместимости с углеводородным растворителем. Исследуются термодинамические критерии системы полимер-растворитель, а также связь термодинамических параметров растворения с основными элементами структуры растворяющегося полимера. Установлены температурно-временные зависимости растворимости полимера; растворение дивинилстирольного полимера происходит только при повышенных температурах в бензине, когда энергия взаимодействия достаточно высока. Показано, что неполярный блок-сополимер ДСТ-30-01 хорошо смешивается с неполярным предельным углеводородом (бензином) в широком диапазоне температур.

Ключевые слова: дивинилстирольный блок-сополимер, бензин, полимерно-битумное вяжущее, макромолекула, растворение.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Процессы совместимости полимеров с низкомолекулярными жидкостями, приводящие к набуханию и растворению полимеров, имеют большое практическое значение как на стадии приготовления полимерно-битумного вяжущего (ПБВ), так и при удобоукладываемости и уплотняемости смесей. Только при полной растворимости полимера в углеводородном растворителе можно получить существенное улучшение структуры, а, следовательно, и свойств ПБВ.

Очевидно, для решения вопроса о том, в какой жидкости данный полимер растворяется и по отношению к какой жидкости он устойчив, следует хорошо знать закономерности взаимодействия полимеров с низкомолекулярными жидкостями, т. е. использовать для оценки совместимости строгие термодинамические критерии. Это позволит понять причины этого сродства, оценить термодинамическую устойчивость системы полимер-растворитель и ее изменение с температурой, а также связать термодинамические параметры растворения с основными элементами структуры растворяющегося полимера, т. е. молекулярной массой, фазовым состоянием, гибкостью цепей и т. д.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Первая попытка теоретического рассмотрения процесса совместимости полимера с растворителем принадлежит С. Н. Журкову [1], который связывал этот процесс с механизмом стеклования полимера. Он полагал, что температура стеклования полярного полимера определяется взаимодействием полярных групп соседних цепей. При проникании молекул пластификатора в полимерную матрицу между ними и сегментами цепи возникают силы притяжения. Эти силы притяжения уменьшают действие когезионных сил между полимерными макромолекулами, увеличивают сегментальную подвижность, понижая тем самым величину температуры стеклования. Снижение температуры стеклования должно быть пропорционально числу молей введенного растворителя (правило С. Н. Журкова):

$$\Delta T_c = k \cdot n, \quad (1)$$

где k – коэффициент пропорциональности;
 n – число молей растворителя.

Для пластификации малополярных и неполярных полимеров В. А. Каргиным и Ю. М. Малинским [2] было предложено уравнение (правило объёмных концентраций), согласно которому снижение температуры стеклования должно быть пропорционально объёмной доле пластификатора ϕ_1 :

$$\Delta T_c = k \cdot \phi_1, \quad (2)$$

где ϕ_1 – объёмная доля пластификатора.

Взаимодействие пластификатора и полимера учитывает теория В. И. Канига [3], основанная на представлениях о свободных объемах. В. И. Канинг предполагал, что свободный объем возрастает с увеличением размера молекулы растворителя. Следовательно, теория предсказывает уменьшение пластифицирующего действия с увеличением молекулярной массы полимера.

Очень большое влияние на температуру стеклования пластифицированной системы оказывает форма и расположение молекул растворителя. При прочих равных условиях значительно эффективнее растворители с гибкими молекулами, способные принимать различные формы, количественно это впервые показано в работах Дж. В. Гиббса и Ди Марцио [4]. Теория предсказывает влияние химической природы пластификатора на снижение температуры стеклования.

ФОРМУЛИРОВКА ЦЕЛЕЙ

Целью настоящего исследования являлось изучение кинетики и механики растворения полимера в углеводородном растворителе (бензине) и исследование термодинамических параметров растворения с основными элементами структуры растворяющегося полимера.

В качестве объектов исследования были использованы блок-сополимер на основе стирола и бутадиена марки ДСТ-30-01 производства ОАО «Воронежский завод синтетического каучука», в качестве пластификатора был выбран бензин неэтилированный марки Б-70 «Калоша» в соответствии с ГОСТ 2084 «Бензины автомобильные».

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА ИССЛЕДОВАНИЯ

Взаимодействие блок-сополимера ДСТ-30-01 с углеводородным растворителем (бензином) обычно начинается с набухания. Процесс набухания состоит в поглощении растворителя веществом, при котором происходит проникновение небольших молекул растворителя в полимерную матрицу дивинилстирола. Внутри- и межмолекулярные силы взаимодействия в полимерной матрице постепенно заменяются силами, действующими между молекулами растворителя (бензин) и сегментами полимерной цепи (ДСТ-30-01). При постепенной диффузии молекул растворителя в полимерную матрицу дивинилстирола все большее количество сегментов полимерной молекулы растворяются молекулами бензина, при этом сегменты разворачиваются, объем полимерной матрицы ДСТ-30-01 увеличивается. Такое набухание называют внутримолекулярным, при этом расстояние между макромолекулами увеличивается, связи между ними ослабевают, и если эти связи становятся меньше осмотических сил, то макромолекулы будут диффундировать в растворитель, т. е. набухание перейдет в растворение [5].

Для линейного блок-сополимера ДСТ-30-01 характерно неограниченное набухание, при котором отсутствует предел набухания, с течением времени полимер поглощает все большее количество жидкости и в результате набухание переходит в растворение. Особенность растворения полимера состоит в том, что смешиваются компоненты, размеры молекул которых различаются в тысячи раз; отсюда и разная подвижность молекул. Подвижность молекул низкомолекулярной жидкости очень велика. При соприкосновении полимера с низкомолекулярной жидкостью ее молекулы начинают быстро проникать в фазу полимера, прежде всего в пространство между элементами макромолекул. При этом процесс сопровождается раздвижением длинных цепных макромолекул, которые вследствие большого размера чрезвычайно медленно проникают в среду молекул низкомолекулярной жидкости (бензина) [6]. Следовательно, процесс растворения полимеров разделен во времени: растворению всегда предшествует набухание.

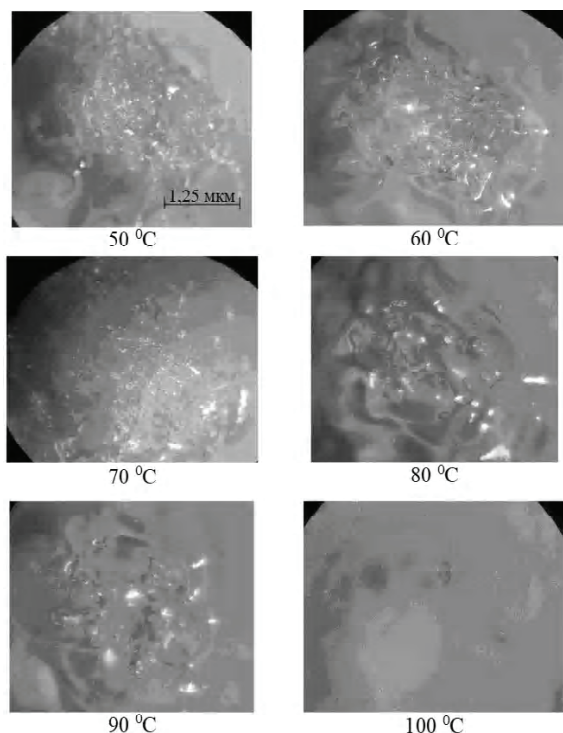


Рисунок 1 – Кинетика и механика растворения полимера DST-30-01 в бензине в зависимости от температуры.

Данные микроскопические наблюдения на рис. 1 показывают, что при температуре начиная с 50 °C размеры частицы блок-сополимера DST-30-01 увеличиваются. Набухший полимер, представляющий собой раствор низкомолекулярной жидкости в полимере, какое-то время сосуществует с слоем чистой низкомолекулярной жидкости – бензине. Через некоторый промежуток времени, когда цепи полимера DST-30-01 уже достаточно раздвинуты, они начинают медленно диффундировать в растворитель (бензин). Возникает слой более разбавленного раствора, сосуществующий с слоем более концентрированного раствора. По истечении некоторого времени концентрации обоих слоев делаются равными – слои сливаются, образуя однофазную гомогенную систему.

О потенциальной совместимости можно судить по параметру растворимости. При близких значениях этого параметра, зависящего от химического строения компонентов, можно ожидать взаимной растворимости. В качестве признака, определяющего взаимное растворение веществ, была принята близость энергии межмолекулярного взаимодействия. Блок-сополимер DST-30-01 является неполярным полимером, т. е. обладает нулевым дипольным моментом, соответственно хорошо смешивается с неполярным предельным углеводородом (бензином) в широком диапазоне температур, между ними действуют только дисперсионные силы.

Механизм растворения дивинилстирольного блок-сополимера заключается в отделении цепей друг от друга и их диффузии в фазу растворителя (бензина). Этому способствует гибкость цепи. Гибкая цепь может перемещаться по частям, ее звенья способны обмениваться местами с молекулами растворителя, ее диффузия осуществляется последовательным перемещением групп звеньев, что не требует больших затрат энергии на преодоление межмолекулярных взаимодействий [7]. Поэтому большой гибкостью обладают цепи неполярного полимера (DST-30-01), которые способны взаимодействовать с неполярной жидкостью (бензином).

Энергия межмолекулярного взаимодействия обратно пропорциональна расстоянию в шестой степени, поэтому самые незначительные изменения в расстояниях, т. е. в плотности упаковки макромолекул дивинил-стирольного полимера, могут резко изменить энергию взаимодействия. Плотно упаковываться могут и очень гибкие, и очень жесткие цепи, но это по-разному сказывается на растворимости.

Структурно термоэластопласты типа СБС марки DST-30-01 содержат концевые полистирольные блоки с молекулярной массой 15...20 тыс. и центральный полибутадиеновый блок с молекулярной массой 50...70 тыс. Таким образом, одна макромолекула представляет собой сочетание жестких и гибких участков. Жесткие полистирольные участки (домены) разных макромолекул образуют плотные упакованные структуры в матрице эластичных полибутадиеновых блоков. Домены полистирола существенно упрочняют всю систему, играя роль активного наполнителя [8].

Значительное влияние на растворимость оказывает надмолекулярная структура блок-сополимера DST-30-01, т. к. кристаллические участки характеризуются плотной упаковкой макромолекул за счет большого числа межмолекулярных связей, разрушить которые при комнатной температуре затруднительно. Растворяется дивинилстирольный полимер при повышенных температурах в бензине, когда энергия взаимодействия достаточно высока. Растворение полимера зависит от того, в аморфном или кристаллическом состоянии он находится. Так как дивинилстирольный блок-сополимер находится в кристаллическом состоянии, его растворение невозможно до тех пор, пока он не примет фазовое состояние растворителя (бензина), поэтому для ускорения процесса растворения дивинилстирола необходимо нагревание. На рис. 2 показана температурная зависимость времени растворения полимера от

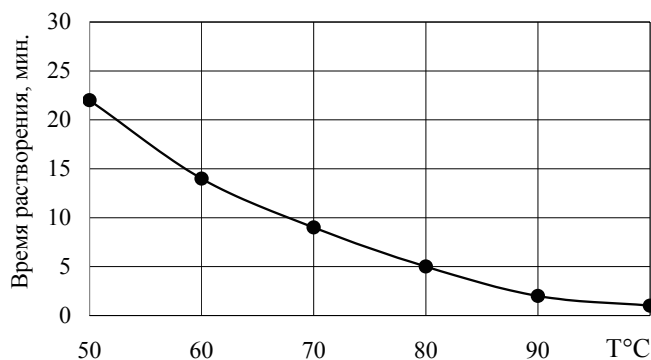


Рисунок 2 – Диаграмма зависимости времени растворения блок-сополимера ДСТ-30-01 в бензине от температуры.

температуры в углеводородном растворителе (бензине). Чем больше температура нагрева полимера ДСТ-30-01 в бензине, тем быстрее происходит процесс растворения, так, например, при температуре 100 °C растворение происходит через 2 мин.

В процессе растворения взаимодействие между молекулами растворяемого вещества ослабляется и заменяется взаимодействием между молекулами растворенного вещества – блок-сополимера ДСТ-30-01 и растворителя – бензин. За счет этого в истинном разбавленном растворе практически отсутствует взаимодействие между молекулами полимера растворенного вещества, молекулы полимера равномерно распределены между молекулами бензина [9].

ВЫВОДЫ

Установлено, что температурно-временная зависимость растворимости полимера ДСТ-30-01 в бензине наблюдается при повышенных температурах, чем больше температура нагрева, тем быстрее идет процесс растворения, т. е. когда энергия взаимодействия достаточно высока. Показано что неполярный блок-сополимер ДСТ-30-01 хорошо смешивается с неполярным предельным углеводородом (бензином) в широком диапазоне температур.

С изменением температуры происходит непрерывное изменение всех термодинамических параметров растворения, что отражает изменения в межмолекулярном взаимодействии и структуре блок-сополимера ДСТ-30-01 и растворителя (бензина).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Журков С. Н. Замечания по поводу статьи И. Е. Курова, В. А. Степанова [Текст] / С. Н. Журков // Физика твердого тела. – 1962. – Т. 4, Вып. 11. – С. 3352–3354.
2. Каргин, В. А. Краткие очерки по физико-химии полимеров [Текст] / В. А. Каргин, Г. Л. Слонимский. – Издание второе. – М.: изд-во Химия, 1967. – 232 с.
3. Каргин, В. А. Краткие очерки по физико-химии полимеров [Текст] / В. А. Каргин, Г. Л. Слонимский. – Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1960. – 175 с.
4. Модифицированные битумные вяжущие, специальные битумы с добавками в дорожном строительстве [Текст] / Всемирная дорожная ассоциация. Технический комитет «Нежесткие дороги» (S8) // Пер. с франц. В. А. Золотарева, инж. Л. А. Беспаловой; Под общ. ред. д. т. н. В. А. Золотарева, д. т. н. В. И. Братчуна. – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2003. – 229 с.
5. Фролов, Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы [Текст]: учебник для вузов / Ю. Г. Фролов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1988. – 464 с: ил. ISBN 5-7245-0244-5.
6. Тагер, А. А. Физико-химия полимеров [Текст]: учебное пособие для вузов / А. А. Тагер. – 2-е изд., перераб. – М.: Химия, 1968. – 536 с., ил.
7. Тагер, А. А. Физико-химия полимеров [Текст]: учеб. пособие для хим. фак. ун-тов / А. А. Тагер. – 4-е изд., перераб. и доп.; под ред. А. А. Аскадского. – М.: Научный мир, 2007. – 573 с.
8. Кулезнев, В. Н. Химия и физика полимеров [Текст] / В. Н. Кулезнев, В. А. Шершнева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: «КолосС», 2007. – 367 с.
9. Слепнева, Л. М. Физикохимия полимеров [Учебное электронное издание]: учебно-методический комплекс для студентов специальности: 1-36 20 02 «Упаковочное производство» направление: 1-36 20 02-01 «Упаковочное производство (проектирование и дизайн упаковки)» / Л. М. Слепнева. – Минск: БНТУ, 2014. – 128 с.

Получено 18.12.2018

А. В. ЗАГОРОДНЯ ^a, А. І. ГРИЦУК ^b, І. В. МАРТИНЮК ^b
ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ РОЗЧИНЕННЯ ДІВІНІЛСТИРОЛЬНОГО
БЛОК-СОПОЛІМЕРУ В ВУГЛЕВОДНЕВОМУ РОЗЧИНІ

^a ДООУ ЛНР «Луганський національний аграрний університет», ^b ДООУ ВПО «Донбасська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Стаття присвячена вивченню кінетики і механіки розчинення полімеру і його сумісності з вуглеводневим розчинником. Досліджуються термодинамічні критерії системи полімер-розчинник, а також зв'язок термодинамічних параметрів розчинення з основними елементами структури розчинності полімеру. Встановлено температурно-часові залежності розчинності полімеру; розчинення дивинилстирольного полімеру відбувається тільки при підвищених температурах в бензині, коли енергія взаємодії досить висока. Показано, що неполярний блок-сополімер ДСТ-30-01 добре змішується з неполярним граничним вуглеводнем (бензином) в широкому діапазоні температур.

Ключові слова: дивинілстирольний блок-сополімер, бензин, полімерно-бітумне в'язуче, макромолекула, розчинення.

ANASTASIA ZAGORODNYAYA ^a, ANDREY GRITSUK ^b, IRINA MARTYNYUK ^b
RESEARCH OF DYNAMICS OF DISSOLUTION DIVINYL – STYRENE BLOCK
COPOLYMER IN HYDROCARBON SOLVENT

^a SEI «Lugansk National Agrarian University», ^b Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. Article is devoted to studying of a kinetics and mechanics of dissolution of polymer and its compatibility with hydrocarbon solvent. Thermodynamic criteria of a system polymer-solvent and also communication of thermo dynamical coordinates of dissolution with basic elements of structure of the dissolved polymer are investigated. Temperature time profiles of solubility of polymer are established; dissolution divinyl – styrene polymer happens only at elevated temperatures in gasoline when interaction energy is rather high. It is shown that unpolar DST-30-01 block copolymer well mixes up with unpolar saturated hydrocarbon (gasoline) in broad temperature range.

Key words: divinyl-styrene block copolymer, gasoline, polymeric and bituminous knitting, a macromolecule, dissolution.

Загородня Анастасія Вікторівна – аспірантка кафедри землеустрою, будівництва автомобільних доріг і геодезії ГОУ ЛНР «Луганський національний аграрний університет». Научні інтереси: розробка теоретичних положень про закономірності формування структури і фізико-механічних властивостей литого асфальтополімерсеробетону.

Грицук Андрій Ігорович – магістрант кафедри автомобільних доріг та аеродромів ГОУ ВПО «Донбасська національна академія будівництва і архітектури». Научні інтереси: отримання технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівельних робіт.

Мартинюк Ірина Васильівна – магістрант кафедри автомобільних доріг та аеродромів ГОУ ВПО «Донбасська національна академія будівництва і архітектури». Научні інтереси: отримання технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівельних робіт.

Загородня Анастасія Вікторівна – аспірантка кафедри землеустрою, будівництва автомобільних доріг і геодезії ДООУ «Луганський національний аграрний університет». Наукові інтереси: розробка теоретичних положень про закономірності формування структури і фізико-механічних властивостей литого асфальтополімерсеробетону.

Грицук Андрій Ігорович – магістрант кафедри автомобільних доріг та аеродромів ДООУ ВПО «Донбасська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: отримання технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівельних робіт.

Мартинюк Ірина Васильівна – магістрант кафедри автомобільних доріг та аеродромів ДООУ ВПО «Донбасська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: отримання технологічних і довговічних дорожніх бетонів для будівельних робіт.

Zagorodnyaya Anastasia – post-graduate student, Land Management, Road Construction and Geodesy Department, State Educational Institution of Higher Vocational Education «Lugansk National Agrarian University». Scientific

interests: development of theoretical provisions on the regularities of the formation of structure and physic and mechanical properties of guss asphalt.

Gritsuk Andrey – Master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: getting of technologically and durable road concrete for construction of constructive layers of non-rigid road cloths.

Martynyuk Irina – Master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: getting of technologically and durable road concrete for construction of constructive layers of non-rigid road cloths.

УДК 691.175:678.747:547.665:547.728

С. И. СОХИНА, Н. Ю. МАКСИМОВ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ПАРАМЕТРЫ МИКРОСТРУКТУРЫ СОПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ СТИРОЛА В СИНТЕЗЕ ПОЛИМЕРОВ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Аннотация. Для описания закономерностей полимераналогичных превращений при модификации сополимеров аминостиролов были определены параметры микроструктуры сополимеров в зависимости от состава исходной мономерной смеси, относительные активности сомономеров в изучаемых системах; выявлен характер распределения звеньев по микроблокам в макромолекулах полученных сополимеров. Это создало возможность целенаправленной химической модификации аминоксодержащих полистиролов с целью получения структурно-окрашенных полимеров и полимерных ингибиторов коррозии.

Ключевые слова: полимераналогичные превращения, модификация полимеров, микроструктура сополимеров, структурно-окрашенные полимеры.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

По мере возрастания потребности в окрашенных изделиях в промышленности и в повседневной жизни все более остро встает вопрос получения полимеров, окрашенных в структуру, которые обладают более высокой конкурентноспособностью, повышенной стойкостью к выцветанию при действии различных факторов. Химическая модификация полимеров по активным функциональным группам предполагает введение в их макромолекулы, в частности макроцепи полистирола, реакционно-способной аминоксодержащей группы, что позволяет подвергнуть их структурным превращениям.

Данные исследования являются продолжением ранних работ по количественному изучению реакций образования полиаминостиролов и их сополимеров [1, 2].

Поскольку окрашенные в структуру полимеры имеют большое практическое значение, могут быть использованы для окрашивания бетонных конструкций, представилось целесообразным изучить параметры микроструктуры исходных сополимеров, так как глубина окрашивания полимеров определяется не только степенью превращения сополимеров, но и их составом, характером распределения звеньев.

Целью работы является определение параметров микроструктуры сополимеров аминостиролов со стиролом и бутилметакрилатом в зависимости от состава исходной мономерной смеси.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

О составе сополимеров в системах: м-аминостирол (МАС) – стирол(СТ); п-аминостирол (ПАС) – стирол(СТ); п-аминостирол (ПАС) – бутилметакрилат (БМ) судили по данным, найденным из зависимости показатель преломления – состав мономерной смеси, не вступившей в сополимеризацию к моменту ее прекращения до 10 % конверсии. Пользуясь тем, что правила объемной аддитивности хорошо выполняются, определяли объемную долю аминостирола в оставшейся мономерной смеси после отделения от нее сополимера.

Данные о составе сополимеров аминостиролов со стиролом (табл.) показывают, что при любых соотношениях мономеров сополимеры всегда обогащены звеньями более активных изомеров аминостиролов, причем в большей степени звеньями м-аминостирола.

Таблица – Сополимеризация аминостиролов (M_1) со стиролом (M_2) и бутилметакрилатом (M_2)

$[M_1] / [M_2] = F$			$[m_1] / [m_2] = f$		
МАС – СТ:	ПАС – СТ:	ПАС – БМ:	МАС – СТ:	ПАС – СТ:	ПАС – БМ
0,109	0,109	0,185	0,344	0,231	0,451
0,418	0,420	0,299	0,890	0,706	0,618
0,976	0,980	0,302	1,660	1,381	0,859
2,279	2,289	3,082	3,504	2,663	1,475
3,903	3,926	4,000	5,329	4,348	2,195
		5,579			3,016

Полученные данные позволили рассчитать константы сополимеризации r_1 и r_2 сомономеров в изучаемых системах по методу [3]; при этом используются отношения молярных концентраций сомономеров в исходной смеси $[M_1] / [M_2] = F$ и отношение молярных концентраций сомономеров, перешедших в сополимер $[m_1] / [m_2] = f$.

Из интегрального уравнения этого метода [3] вытекает уравнение (1):

$$F / f(f-1) = F^2 r_1 / f - r_2, \quad (1)$$

переменными в котором являются $y_i = F_i / f_i (f_i - 1)$ и $x_i = F_i^2 / f_i$.

При определении констант сополимеризации r_1 и r_2 сомономеров методом наименьших квадратов получили общее для всех изучаемых систем корреляционное уравнение (2):

$$y_i = r_1 x_i - r_2. \quad (2)$$

Для системы (I) м-аминостирол – стирол (МАС – СТ) (3):

$$y_i = (1,21 \pm 0,02) x_i - (0,26 \pm 0,03), \quad (3)$$

$$n = 5; R = 0,999; s_0 = 0,05.$$

Для системы (II) п-аминостирол – стирол (ПАС – СТ) (4):

$$y_i = (0,96 \pm 0,01) x_i - (0,42 \pm 0,02), \quad (4)$$

$$n = 5; R = 0,999; s_0 = 0,03.$$

Для системы (III) п-аминостирол – бутилметакрилат (ПАС – БМ) (5):

$$y_i = (0,42 \pm 0,09) x_i - (0,28 \pm 0,02), \quad (5)$$

$$n = 6; R = 0,988; s_0 = 0,07.$$

Значение $1/r_2$, характеризующее относительную реакционную способность аминостирола по отношению к растущему радикалу с концевым стирольным звеном, указывает на большую активность в сополимеризации МАС ($1/r_2 = 3,8$), чем его п-изомер ($1/r_2 = 2,4$); т.е. полимерный радикал реагирует в 3,8 раза быстрее с МАС и в 2,4 раза быстрее с ПАС, чем со стиролом.

Произведение констант сополимеризации $r_1 \cdot r_2$, равное 0,315 и 0,403 для систем МАС – СТ и ПАС – СТ соответственно, показывает, что склонность к чередованию различных мономерных остатков в макромолекуле проявляется сильнее у сополимеров МАС, где $r_1 \cdot r_2$ ближе к нулю. Это, по-видимому, обусловлено тем, что макрорадикалы с остатками м-изомера на активном центре в меньшей степени стабилизированы, чем в случае п-изомера, и поэтому более активны (отсутствует эффект сопряжения).

В процессе сополимеризации ПАС – БМ растущий радикал с бутилметакрилатным концевым звеном реагирует с ПАС почти в 3,6 раза быстрее, чем с БМ, а макрорадикал, имеющий на активном конце аминостирольное звено, присоединяет БМ в 2,4 раза быстрее, чем второй мономер.

В соответствии с тем, что при сополимеризации ПАС с БМ $r_1(0,42) < 0$ и $r_2(0,28) < 0$, рассмотренная система дает азеотроп. В этой точке состав сополимера и смеси мономеров одинаков и сополимеризация протекает без изменения состава. Математически условия, при которых протекает азеотропная сополимеризация, можно выразить равенством (6):

$$[M_1] / [M_2] = (r_2 - 1) / (r_1 - 1). \quad (6)$$

Тогда $[M_1] / [M_2] = 1,241$; $(r_2 - 1) / (r_1 - 1) = 1,241$.

Мольная доля ПАС в азеотропе определена по формуле $[M_1] = (1 - r_2) / (2 - r_1 - r_2)$, что соответствует 0,554. Следовательно, состав азеотропной смеси следующий: 44,6 % БМ и 55,4 % – ПАС. Произведение $r_1 \cdot r_2 = 0,118$, близко к нулю, свидетельствует о том, что цепи сополимеров имеют довольно регулярное строение. При этом ПАС проявляет несколько большую реакционную способность при сополимеризации, чем БМ, т. к. $r_2 < r_1$.

По найденным константам сополимеризации (r_1 и r_2) вычислен параметр Q , характеризующий общую меру активности мономеров, и e (меру полярности радикала или мономера) для ПАС, МАС при сополимеризации их со СТ и БМ. При решении уравнений Алфрея и Прайса [4], которые связывают константы сополимеризации (r_1 и r_2) с параметрами Q и e получены следующие уравнения (7, 8):

$$e_1 = e_2 \pm \sqrt{-\ln r_1 \cdot r_2}, \quad (7)$$

$$Q_1 = (Q_2 / r_2) \exp(e_2 \sqrt{-\ln r_1 \cdot r_2}). \quad (8)$$

Параметры Q_2 и e_2 : для стирола [4] $Q_2 = 1$; $e_2 = -0,8$;

для бутилметакрилата [4] $Q_2 = 0,66$; $e_2 = +0,34$.

При этом рассчитаны следующие значения параметров Q_1 и e_1 для ПАС и МАС в изучаемых системах:

п-аминостирол – стирол $Q_1 = 1,11$; $e_1 = -1,72$;

м-аминостирол – стирол $Q_1 = 1,61$; $e_1 = -1,87$;

п-аминостирол – бутилметакрилат $Q_1 = 1,45$; $e_1 = -1,13$.

Полученные данные позволили определить микроструктуру всех полученных сополимеров. Вероятность распределения блоков звеньев в процессе сополимеризации ($f_n M_1$) рассчитывалась по методу [5].

Распределение мономерных звеньев в макромолекулярной цепи сополимеров показывает, что сополимеры СТ с ПАС и МАС, как и доказано нами выше, более обогащены аминостирольными звеньями: звенья АС, состоящие из 2–5 мономерных единиц ($f_2 M_1 - f_5 M_1$), отделены друг от друга одной мономерной единицей СТ ($f_1 M_2$), т. е. имеет место истинная сополимеризация. Число микроблоков, содержащих $f_4 M_1$ и более АС звена в макромолекулярных цепях сополимеров, возрастает с уменьшением доли стирольных звеньев. При этом число микроблоков, состоящих только из одного аминостирольного звена, падает.

Анализ распределения звеньев в макромолекулах сополимеров БМ и ПАС показывает, что при большом избытке БМ в сомономерной смеси цепь сополимера состоит из 34 % микроблоков, состоящих из одного звена БМ ($f_1 M_2$); 22,5 % – из двух звеньев ($f_2 M_2$); 14,8 % – из трех ($f_3 M_2$); 9,73 % – из четырех ($f_4 M_2$). Для сополимера, полученного в условиях большого избытка ПАС в смеси сомономеров, характер распределения микроблоков несколько иной: 25,9 % микроблоков состоят из одного звена ПАС; 18,94 % – микроблоков содержат по два звена; 14,3 % – по три звена; 10,54 % – по четыре звена. На долю пяти и более микроблоков ПАС приходится 31 % ($f_5 M_1$).

Характер распределения звеньев в макромолекулярной цепи сополимеров оценивали также такими параметрами, как средние длины ℓ_1 и ℓ_2 блоков из одинаковых звеньев [5] и параметром блочности (R).

Как следует из анализа микроструктуры цепей сополимеров системы (I), наиболее регулярным по строению является сополимер, полученный из сомономерной исходной смеси $[M_1]/[M_2] = 0,418$. У такого сополимера самый высокий параметр блочности ($R = 63,796$) и наибольшая вероятность образования в сополимерной цепи диад $[M_1] - [M_2]$ ($PM_1M_2 = 0,319$).

При сополимеризации ПАС со СТ микроструктуры цепей сополимеров несколько иные. Так, наиболее регулярным по строению является сополимер ($R = 66,914$; $P_{M_1M_2} = 0,296$), полученный из исходной смеси, для которой $[M_1]/[M_2] = 0,980$. У этого сополимера длина чередующихся блоков из МАС звеньев возрастает до $\ell_1 = 1,946$, по сравнению с аналогичным сополимером ПАС ($\ell_1 = 1,51$), что также указывает на большую активность МАС при сополимеризации его со стиролом по сравнению с его п-изомером.

В реакции сополимеризации БМ с ПАС строение сополимеров становится более регулярным ($R = 74,34$; $P_{M_1M_2} = 0,372$), и наиболее регулярный получен при $[M_1]/[M_2] = 1,43$, блоки из 1,39 звеньев БМ чередуются с 1,29 звеньев ПАС.

Для полученных сополимеров с различным содержанием аминостирольных звеньев определены растворимость сополимеров в диметилформамиде (ДМФ) при 25 °C (χ^{25} , г/дл), характеристическая

вязкость (η^{25} , дл/г) в ДМФ. При этом прослеживается влияние содержания аминостирольных звеньев ($[m_1]$) и длин блоков (ℓ_1) на характеристическую вязкость и растворимость сополимеров в ДМФ. Получены следующие корреляционные зависимости χ^{25} и η^{25} от звеньевых состава $[m_1]$ и длин блоков аминостирольных звеньев (ℓ_1) (9–12):

$$\chi^{25} = 2,32 - 1,63 [m_1], \quad (9)$$

$$\eta^2 = 0,18 + 0,34 [m_1], \quad (10)$$

$$\chi^{25} = 2,26 - 0,35 \ell_1, \quad (11)$$

$$\eta^2 = 0,17 + 0,06 \ell_1. \quad (12)$$

Увеличение характеристической вязкости и уменьшение растворимости сополимеров с увеличением длины блоков и содержания аминостирольных звеньев связано, вероятно, с возникновением внутримолекулярных водородных связей в сополимерах.

Полученные зависимости физико-химических характеристик сополимеров от соответствующих параметров микроструктуры оказываются полезными для направленной модификации [6] при регулировании свойств окрашенных в структуре полимеров и полимерных ингибиторов коррозии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доня, А. П. / Сополимеризация п- и м-аминостиролов со стиролом [Текст] / [А. П. Доня, А. М. Шур, С. И. Сохина] // Изв. вузов: Химия и хим. Технология, 1985. – Т. 18. – № 5. – С. 796–799.
2. Электронное влияние заместителей в сополимеризации стирола с его производными [Текст] / Ю. Б. Высоцкий, А. П. Доня, В. П. Королев, С. И. Сохина // VIII Международный микросимпозиум по полимерным композициям: тезисы докладов. – Киев: [б. и.], 1989. – 29 с.
3. Федтке, М. Химические реакции полимеров [Текст] / М. Федтке; пер. с нем. В. И. Сорокина, Г. М. Цейтлина; под ред. В. В. Киреева. – Москва: Химия, 1990. – 151 с. – ISBN 5-7245-0358-1
4. Феттес, Е. Химические реакции полимеров [Текст] / Пер. с англ. под ред. докт. техн. наук проф. З. А. Роговина. – М.: Мир, 1967. – 504 с.
5. Дерябина, Г. И. Сополимеризация [Текст]: учебное пособие / Г. И. Дерябина. – Самара: Изд-во «Самарский университет», 2013. – 48 с. ISBN 978-5-86465-593-1
6. Сохина, С. И. Модификация полистирольных сополимеров малеиновым ангидридом с целью получения окрашенных в структуре полимеров [Текст] / С. И. Сохина // Химическая кинетика и термодинамика: материалы IV Международной конференции, г. Тверь, 30 мая–03 июня 2016 г. / Под ред. Ю. Д. Орлова. – Тверь: Тверской государственный университет, 2016. – 324 с. – С. 256.

Получено 18.12.2018

С. И. СОХИНА, М. Ю. МАКСИМОВ

ПАРАМЕТРИ МІКРОСТРУКТУРИ СПІВПОЛІМЕРІВ НА ОСНОВІ СТИРОЛУ
В СИНТЕЗІ ПОЛІМЕРІВ ІЗ ЗАДАНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ
ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Анотація. Для опису закономірностей полімераналогічних перетворень при модифікації співполімерів аминостиролів були визначені параметри мікроструктури співполімерів залежно від складу вихідної мономерної суміші, відносні активності сомономерів у досліджуваних системах; виявлено характер розподілу ланок по мікроблоках у макромолекулах отриманих співполімерів. Це створило можливість цілеспрямованої хімічної модифікації аміноутримуючих полістиролів з метою одержання структурно-забарвлених полімерів і полімерних інгібіторів корозії.

Ключові слова: полімер аналогічні перетворення, модифікація полімерів, мікроструктура співполімерів, структурно-забарвлені полімери.

SVITLANA SOKHINA, NIKOLAY MAXIMOV

THE MICROSTRUCTURE OF COPOLYMERS BASED ON STYRENE IN THE
SYNTHESIS OF POLYMERS WITH DESIRED PROPERTIES
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. To describe patterns polymeranalogic transformations in the modification of copolymers of aminosterols it has been determined parameters of the microstructure of the copolymers depending on the composition of the initial monomer mixture, the relative activity of the comonomers in the studied systems;

it has been found out the nature of the distribution of elements in micro local in macromolecules of the obtained copolymers. This created the possibility of directed chemical modification of polystyrene amino benzoic with the aim of obtaining structure oriented polymers and polymeric corrosion inhibitors.

Key words: polymeranalogic transformation, modification of polymers, microstructure of copolymers structure agency polymers

Сохина Светлана Ивановна – кандидат химических наук, доцент кафедры прикладной химии ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: теоретические и экспериментальные исследования физико-химических свойств и химических превращений органических соединений, используемых в строительстве; синтез низко- и высокомолекулярных соединений, содержащих ингибирующие и хромофорные группы.

Максимов Николай Юрьевич – магистрант кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: теоретические и экспериментальные исследования железобетонных конструкций, армированных композитными материалами на основе полимеров.

Сохина Світлана Іванівна – кандидат хімічних наук, доцент кафедри прикладної хімії ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: теоретичні та експериментальні дослідження фізико-хімічних властивостей і хімічних перетворень органічних сполук, що використовуються в будівництві; синтез низько- і високомолекулярних сполук, що містять інгібуючі і хромофорні групи.

Максимов Микола Юрійович – магістрант кафедри технології та організації будівництва ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: теоретичні та експериментальні дослідження залізобетонних конструкцій, армованих композитними матеріалами на основі полімерів.

Sochina Svitlana – Ph. D. (Chemistry), Associate Professor, Applied Chemistry Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: theoretical and experimental research of physicochemical properties and chemical transformations of organic compounds used in civil engineering; synthesis of low-molecular and high-molecular compounds including inhibitory and chromophoric groups.

Maximov Nikolay – Master's student, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: theoretical and experimental studies of reinforced concrete structures reinforced with composite materials based on polymers.

УДК 546.226 221

**В. Д. АЛЕКСАНДРОВ, О. В. СОБОЛЬ, С. А. ФРОЛОВА, Н. В. ЩЕБЕТОВСКАЯ, Е. А. ПОКИНТЕЛИЦА,
Е. В. МУКОНИНА, М. В. МАРЧЕНКОВА**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ТЕРМОГРАММЫ ПЛАВКОСТИ КАК ИНФОРМАЦИОННЫЙ ИСТОЧНИК ДЛЯ РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ СПЛАВОВ

Аннотация. В работе на основании различных термограмм нагрева и охлаждения разработаны температурные и концентрационные пути кристаллизации бинарных сплавов эвтектического типа без взаимной растворимости компонентов, имеющих важное значение для развития теории фракционирования. Предложены следующие схемы путей кристаллизации: – при непрерывной равновесной и неравновесной кристаллизации; – при дискретной равновесной и неравновесной кристаллизации; – при охлаждении неперегретых и перегретых расплавов, в результате которых реализуются кристаллизации различных типов.

Ключевые слова: сплав, диаграмма состояния, термограмма, фракционная кристаллизация, переохлаждение, эвтектика.

Фракционная кристаллизация (ФК) широко применяется в лабораторной практике и в промышленности [1–4]. Теоретическая степень разделения маточного расплава (M) от кристаллов (K) определяется типом диаграммы состояния, исходным составом и температурой фракционирования. Такой процесс должен завершиться при достижении фазового равновесия, а при разделении расплава полным отделением соответствующего кристаллического компонента (K).

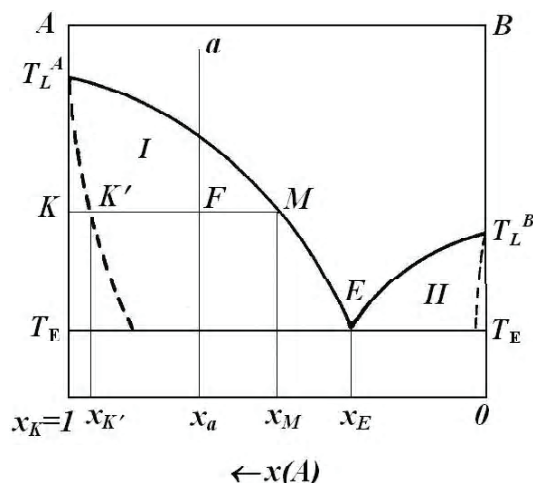


Рисунок 1 – Схема однократной кристаллизации бинарной смеси эвтектического типа при фракционировании.

компоненты A и B , так как составы кристаллической и жидкой фаз в эвтектической точке одинаковы. Для разделения такой смеси на чистые компоненты методами фракционной кристаллизации требуется,

На рис. 1 изображены процессы одно- (a) и многократной (σ) фракционной массовой кристаллизации бинарного расплава эвтектического типа, компоненты которого взаимно нерастворимы в твердом состоянии. В поле I при равновесной кристаллизации образуются кристаллы чистого компонента A , а в поле II – кристаллы компонента B . При реальной же кристаллизации в данном случае невозможно получить практически чистые компоненты за один прием. Так, при фракционной кристаллизации расплава концентрацией X_k при температуре T_F получают кристаллы концентрацией X_k' , несколько меньше равновесной $X_k = 1$, главным образом – вследствие захвата маточника кристаллами.

При фракционной кристаллизации смеси эвтектического типа предельные значения концентрации маточной жидкости соответствуют составу в эвтектической точке. Естественно, что ни при однократной, ни при многократной кристаллизации принципиально невозможно разделить данную смесь на чистые компоненты A и B , так как составы кристаллической и жидкой фаз в эвтектической точке одинаковы. Для разделения такой смеси на чистые компоненты методами фракционной кристаллизации требуется,

очевидно, какой-либо дополнительный прием для перехода через эвтектическую точку. Это, в частности, достигается при использовании аддуктивной или экстрактивной кристаллизации, а также путем сочетания процессов кристаллизации и ректификации.

Оценка степени приближения реального процесса фракционной кристаллизации к равновесному возможна по величине коэффициента полезного действия

$$\eta = X'_k / X_k. \quad (1)$$

Величина η является функцией большого числа параметров:

$$\eta = f(\Delta T_L^+; X_F; \tau; \Delta T_F; dt/d\tau; \dots),$$

где $\Delta T_L^+ = T^+ - T_L$ – перегрев исходного расплава;
 τ – продолжительность фракционирования;
 $\Delta T_F = T_L - T_F$ – фракционированное переохлаждение;
 $dt/d\tau$ – скорость охлаждения расплава.

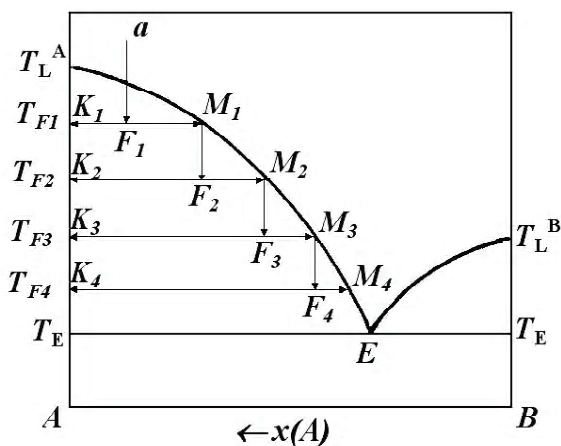


Рисунок 2 – Схема последовательной перекристаллизации при многократном фракционировании.

На величину η оказывают также влияние теплофизические характеристики исходного расплава, маточной жидкости и кристаллов, форма и размеры последних.

Наиболее распространенными являются схемы последовательной перекристаллизации расплава по линии маточника $M_1M_2M_3M_4$ или по линии растворимости кристаллов $K_1K_2K_3K_4$ (рис. 2). Исходный расплав F поступает в первый кристаллизатор, где образуются кристаллы K_1 и маточник M_1 . Последний подвергается вторичной кристаллизации во второй ступени, образуя маточник M_2 и кристаллы K_2 . Маточник M_2 подвергается дальнейшему фракционированию и так далее. При наличии n ступеней получается n кристаллических фракций и один маточник M_n .

Уравнения материальных балансов по высокоплавному компоненту могут быть для рассматриваемого случая написаны следующим образом:

$$m_a = m_k + m_m, \quad (2)$$

$$m_a X_a = m_k X_k + m_m X_m. \quad (3)$$

Уравнение (3) не удовлетворяется значениями X_k и X_m , поскольку последние взаимосвязаны условиями фазового равновесия.

После подстановки в выражение (3) значения M из выражения (2), получим:

$$m_k / m_a = (X_a - X_m) / (X_k - X_m). \quad (4)$$

Уравнения (2) и (4) позволяют рассчитать выход образующихся кристаллической фазы и маточной жидкости в условиях равновесия.

Поскольку диаграммы состояния строят по соответствующим каждому составу термограммам нагревания и охлаждения, представляет интерес рассмотрение фракционной кристаллизации не только по диаграмме состав – температура, но и по термограммам, характеризующим процесс кристаллизации расплава.

На рис. 3 показаны схематические термограммы, получаемые методами циклического ТА (вверху) и дифференциального ДТА (внизу) термических анализов. Считается [2, 3], что процесс равновесной кристаллизации жидкого сплава происходит непрерывно, начиная от температуры ликвидус T_L и заканчивая при температуре солидус T_S . Об этом свидетельствует непрерывное тепловыделение по пути $b \rightarrow d \rightarrow d_1 \rightarrow e$, что приводит к отклонению кривой $abdd_1e$ от базовой линии ae (вариант I).

В случае, когда фиксируется переохлаждение ΔT_L^- относительно температуры ликвидус T_L реализуется вариант II на (рис. 3). Этот вариант также отражает непрерывный характер кристаллизации, но по пути $b \rightarrow c \rightarrow b' \rightarrow d \rightarrow d_1$.

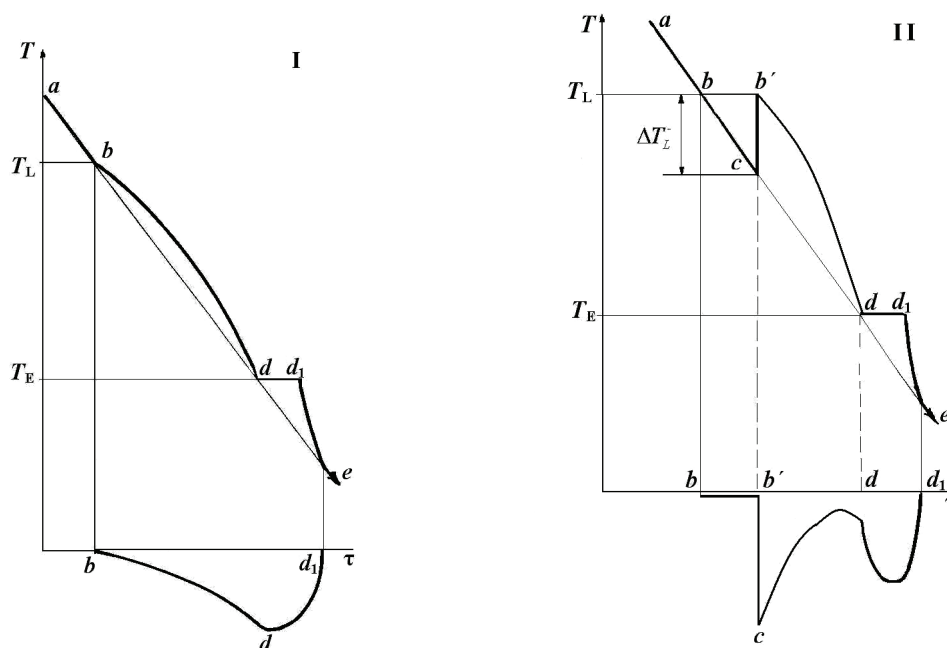


Рисунок 3 – Термограммы ТА (вверху) и ДТА (внизу) отражающие непрерывный характер кристаллизации сплава без переохлаждения (I) и с переохлаждением (II) относительно температуры ликвидус.

Рассмотрим процесс охлаждения доэвтектического сплава, заданного фигуративной точкой a на диаграмме, показанной на рис. 4.

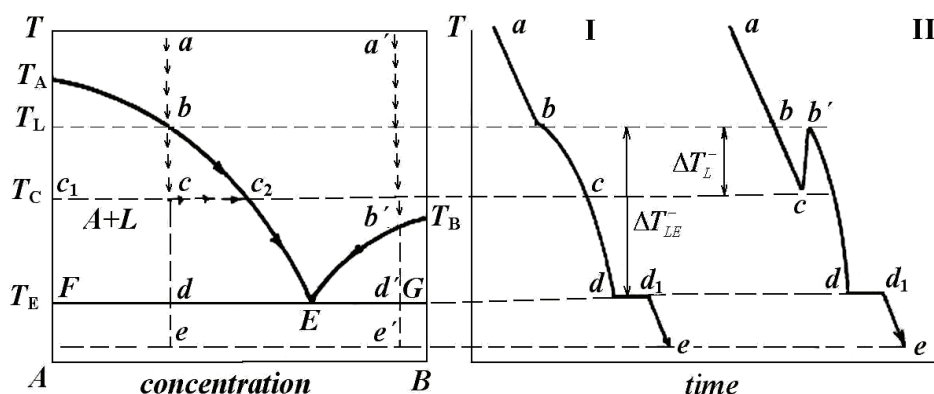


Рисунок 4 – Диаграмма состояния системы с эвтектикой и кривые охлаждения, отражающие характер равновесной (I) и неравновесной (II) кристаллизации сплавов непрерывного типа.

На этом рисунке путь равновесной кристаллизации расплава при охлаждении от точки a изображается кривой abc_2E , поскольку при охлаждении состав жидкости в двухфазной зоне непрерывно меняется по направлению $b \rightarrow E$.

Аналогичным образом можно показать и путь равновесной кристаллизации для заэвтектического сплава – $a'b'E$.

Рассмотрим теперь пути непрерывной неравновесной кристаллизации. На рис. 4 рядом с диаграммой состояния размещена термограмма II, регистрирующая определенное переохлаждение ΔT_L^- относительно температуры ликвидус T_L с последующей «взрывной» кристаллизацией по линии cb' и дальнейшим непрерывным затвердеванием по направлению $b' \rightarrow d \rightarrow d_1$. В данном случае направление изменения температуры на термограмме будет соответствовать пути, проходящему через точки $abcb'dd_1e$. Проанализируем возможные изменения состава по концентрации компонентов А и В. В отличие от ранее рассмотренного примера в данном случае кристаллизация начинается при температуре $T_C < T_L$, т. е. после достижения определенного переохлаждения ΔT_L^- относительно температуры

ликвидус T_L . Допустим, что эта температура соответствует точке c на диаграмме, а после начального этапа кристаллизации температура поднимается от точки c вверх по направлению точки b , т. е. до температуры ликвидус.

Если на этапе подъема температуры от T_C до T_L затвердевает часть жидкой фазы (очевидно, в виде кристаллов компонента A), то в точке b содержание твердой α_S и жидкой α_L фаз определяется так же, как и в точке c : $\alpha_S = c_2 c / c_1 c_2$, $\alpha_L = c_1 c / c_1 c_2$.

Содержание твердой фазы можно найти и по уравнению теплового баланса $Q_1 \approx Q_2$, если скорость теплоотвода будет значительно превышать скорость наращивания теплоты кристаллизации.

В данном случае $Q_1 = \Delta H_{LS} m_x$, $Q_2 = c_p m \Delta T_L^-$, где ΔH_{LS} – энтальпия плавления, c_p – усредненная удельная теплоемкость системы твердое тело – жидкость, ΔT_L^- – переохлаждение относительно температуры ликвидус T_L , m – масса образца, m_x – масса затвердевшей части. Откуда $\alpha_S = m_x / m = c_p \Delta T_L^- / \Delta H_{LS}$.

Поскольку содержание твердой и жидкой фаз в точке b после начальной взрывной кристаллизации соответствует подобному содержанию в точке c , а концентрация молекул B в расплаве точке c_2 , то путь кристаллизации будет идти не так, как ранее ($a \rightarrow b \rightarrow c_2 \rightarrow E$), а будет проходить через точки ($a \rightarrow c \rightarrow c_2 \rightarrow E$). Если в первом случае путь кристаллизации является температурно-концентрационным, то при «взрывной» кристаллизации этот путь является только концентрационным.

В работах [5, 6] было обнаружено явление «раздвоения» экзотермических эффектов при кристаллизации целого ряда бинарных сплавов. На рис. 5 приведены результаты подобного «раздвоения», полученные методом ДТА на примере заэвтектических сплавов в системе дифенил (Д)-нафталин (Н) [6].

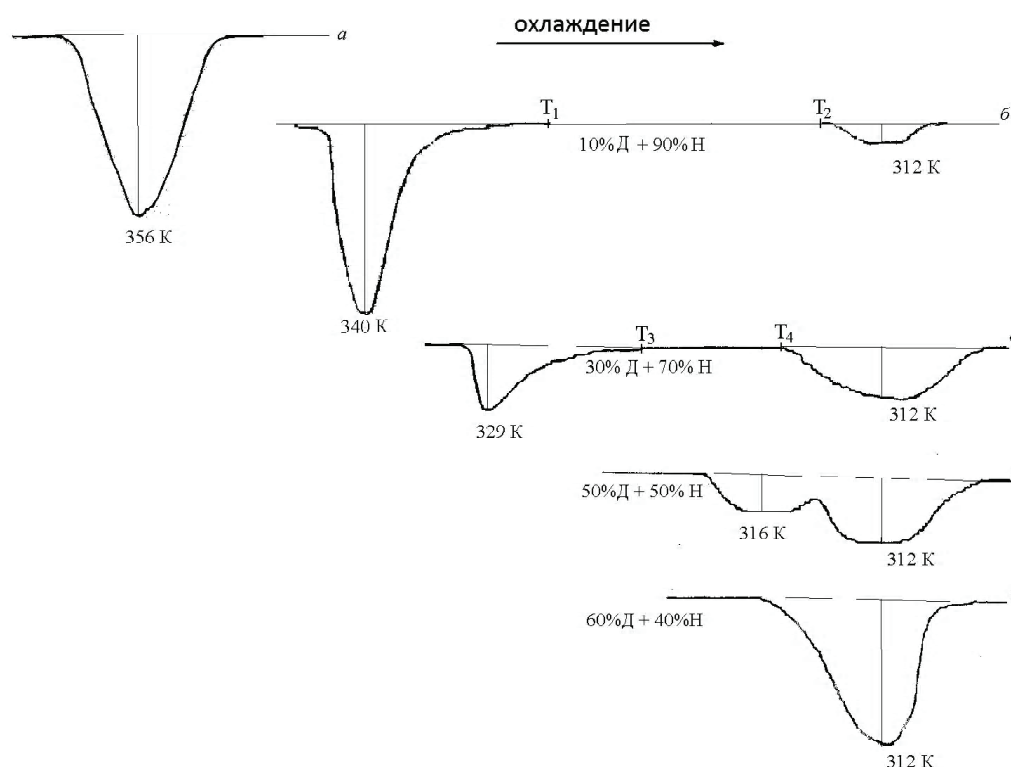


Рисунок 5 – Экзотермические эффекты кристаллизации нафталина (a), заэвтектических сплавов 90 % мас. Н ($б$), 70 % мас. Н ($в$), 50 % мас. Н ($г$) и эвтектического сплава 40 % мас. Н ($д$).

В данном случае кристаллизация происходит не непрерывно от T_L до T_S , а в два самостоятельных этапа: первый относительно температуры ликвидус, второй относительно эвтектической температуры. Видно, что для нафталина (a) и эвтектического сплава ($д$) экзотермический эффект «цельный», а для сплавов ($б$, $в$, $г$) «раздельный».

На рис. 6 сведены схематические термограммы, получаемые методами ТА и ДТА, отражающие «раздвоение» экзотермических эффектов без переохлаждения (III) и с переохлаждением (IV) относительно температуры ликвидус.

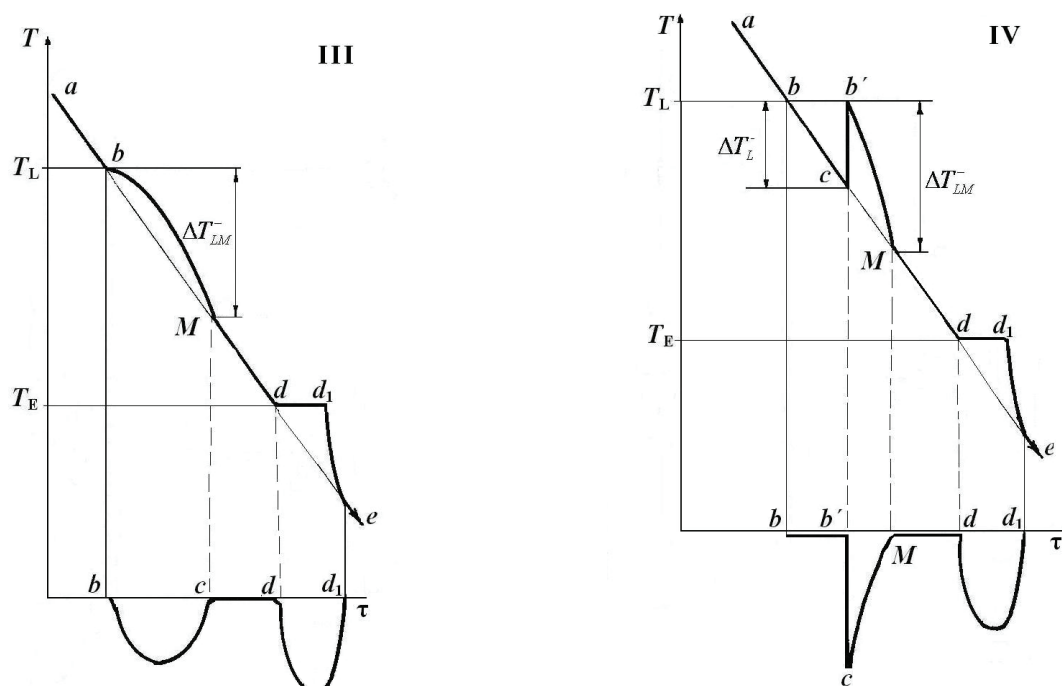


Рисунок 6 – Термограммы ТА (вверху) и ДТА (внизу), отражающие раздвоение экзоэффектов при кристаллизации без переохлаждения (III) и с переохлаждением (IV).

Назовем эффекты вблизи температуры ликвидус первичной кристаллизацией, а вблизи эвтектической температуры T_E – вторичной. Об их дискретном характере свидетельствует отсутствие на кривых охлаждения признаков тепловыделения на участках от точки M до точки d .

Попытаемся изобразить пути кристаллизации сплавов на диаграмме состояния бинарной системы $A-B$ (рис. 7).

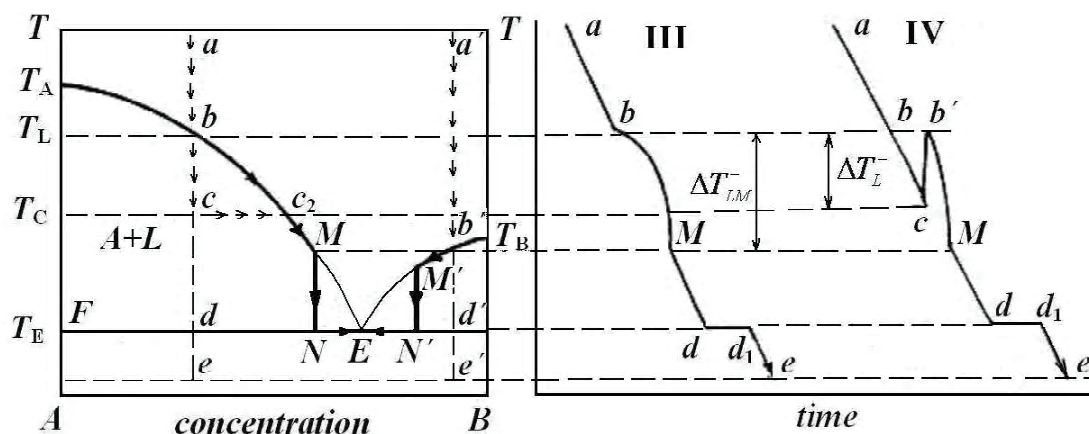


Рисунок 7 – Диаграмма состояния с эвтектикой и кривые охлаждения, характеризующие дискретную кристаллизацию равновесного (III) и неравновесного (IV) типа.

В этом случае равновесная кристаллизация начинается в точке b при температуре ликвидус T_L . По мере охлаждения состав жидкой фазы непрерывно меняется по линии ликвидус $b \rightarrow c_2 \rightarrow M$. При дискретной кристаллизации ее первый этап заканчивается в точке M в соответствии с термограммой III. Далее состав, соответствующий точке M , при охлаждении не меняется ввиду отсутствия кристаллизации. Это состояние сохраняется в идеале вплоть до температуры T_E (т. е. до точки N). Затем наступает этап вторичной кристаллизации при эвтектической температуре. В этой связи путь кристаллизации по диаграмме будет проходить через точки $a \rightarrow b \rightarrow M \rightarrow N \rightarrow E$.

Допустим, что при неравновесной и дискретной кристаллизации реализуется термограмма вида IV. Это означает, что неравновесная первичная кристаллизация происходит относительно температуры ликвидус T_L , а последующая равновесная при температуре T_E .

Изменение температуры по термограмме II прослеживается через точки $a \rightarrow c \rightarrow b' \rightarrow M \rightarrow d \rightarrow d_1 \rightarrow e$. Путь же концентрационной кристаллизации на первом этапе по диаграмме состояния пройдет через точки $a \rightarrow c \rightarrow c_2 \rightarrow M$ (стрелки на этом направлении), а на втором этапе $N \rightarrow E$ с разрывом данного пути от точки M до точки N . Общий путь кристаллизации в данном случае это $a \rightarrow c \rightarrow c_2 \rightarrow M \rightarrow N \rightarrow E$.

При любой дискретной кристаллизации возможно определение доли первичной η_I и вторичной η_{II} кристаллизации по правилу рычага. Если, например, в доэвтектической части диаграммы принять за коноду отрезок FE , тогда $\eta_I = FN/FE$, а $\eta_{II} = NE/FE$.

Вышеизложенное в равной мере относится и к заэвтектической области диаграммы состояния, где путь кристаллизации расплава из точки a' можно обозначить как $a' \rightarrow b' \rightarrow M' \rightarrow N' \rightarrow E$.

Еще одним информационным источником на основе термограмм нагревания и охлаждения является т. н. эффект перехода от равновесной кристаллизации (РК), происходящей без переохлаждения (термограмма I на рис. 3 и III на рис. 6) к неравновесно-взрывной (НРВК) со значительным переохлаждением ΔT_L^- относительно температуры ликвидус (термограмма II на рис. 3 и IV на рис. 6). Переходы $РК \leftrightarrow НРВК$ зависят от величины предварительного прогрева расплава.

На рис. 8 на диаграмму состояния пунктиром нанесены условные границы, разделяющие зоны слабых прогревов (мезофаза) от зоны сильных прогревов (классическая жидкая фаза), а также области метастабильной фазы ниже температур ликвидус (нижняя пунктирная линия).

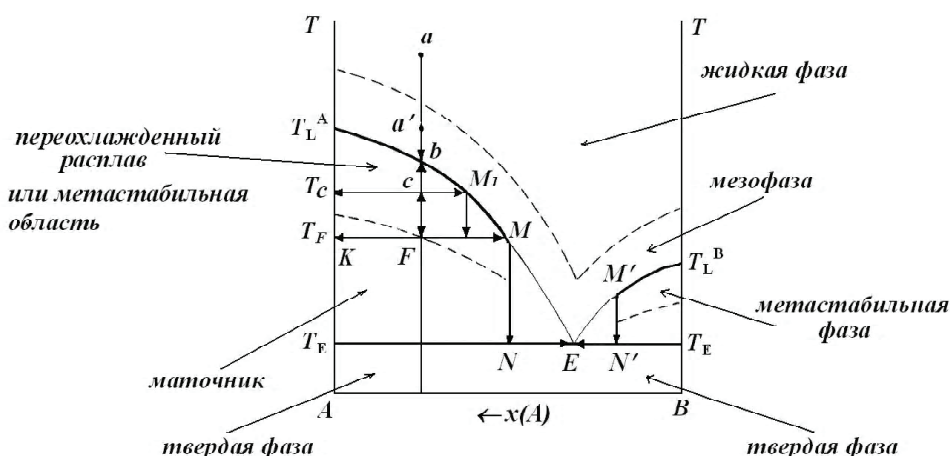


Рисунок 8 – Пути неравновесной и дискретной кристаллизации сплавов эвтектического типа.

Допустим, что метастабильная фаза заканчивается по линии KM , а из этой зоны при любом характере кристаллизации формируются кристаллы компонента А, а ниже линии KM и до эвтектической температуры никакой кристаллизации не происходит.

Равновесная кристаллизация (РК) начинается при температуре ликвидус T_L (т. е. в точке b) после небольшого предвариительного прогрева расплава (т. е. из точки a'). При охлаждении от T_L до температуры фракционирования T_F идет непрерывный процесс затвердевания кристаллов А. В данном случае «работает» классический вариант однократного либо многократного фракционирования от T_L до T_F с эффектами отклонения от равновесия, показанными на рис. 1. Путь же равновесной кристаллизации обозначится $a' \rightarrow b \rightarrow M$.

При охлаждении из перегретого расплава (из точки a на рис. 8) реализуется неравновесно-взрывная кристаллизация из метастабильного состояния. Если НРВК начинается в точке c , то концентрационный путь кристаллизации пройдет через точки $a \rightarrow c \rightarrow M_1$. Тогда возможен второй этап фракционирования маточника состава M_1 до состава M . Если взрывная кристаллизация начнется на границе фракционирования (т. е. в точке F), то путь кристаллизации обозначится как $a \rightarrow F \rightarrow M$. В обоих случаях предполагается отсутствие кристаллизации в переохлажденной области от T_l до T_F .

Если обратиться к кластерно-коагуляционной модели кристаллизации [7], то начиная от температуры ликвидус происходит медленное накопление зародышей кристаллов до температуры

(например T_F). При этой температуре происходит их коагуляция, в результате чего расплав прогревается от T_F до T_L . Тогда концентрационный путь кристаллизации пройдет по направлению $a \rightarrow b \rightarrow M$, а фракционирование происходит в один этап, хотя путь изменения температуры имеет вид $a \rightarrow b \rightarrow F \rightarrow b \rightarrow F$. Подъем температуры от c до b , либо от F до b при НРВК не означает изменение состава маточника. В зависимости от скорости охлаждения температура может подниматься до любой точки между F и b , не меняя состава кристаллов K и маточника M .

Учет типа кристаллизации имеет важное значение при фракционировании, поскольку позволяет планировать структуру и качество получаемого продукта. На рис. 9–11 представлены микрофотографии чистых компонентов, получаемых в результате различной кристаллизации сплавов эвтектического типа без взаимной растворимости компонентов: нафталина из доэвтектического сплава нафталин+дифенил (рис. 9), дифенил из заэвтектического сплава в той же системе (рис. 10), дифенилметана из доэвтектического сплава в системе дифенилметан-дифенил (рис. 10).

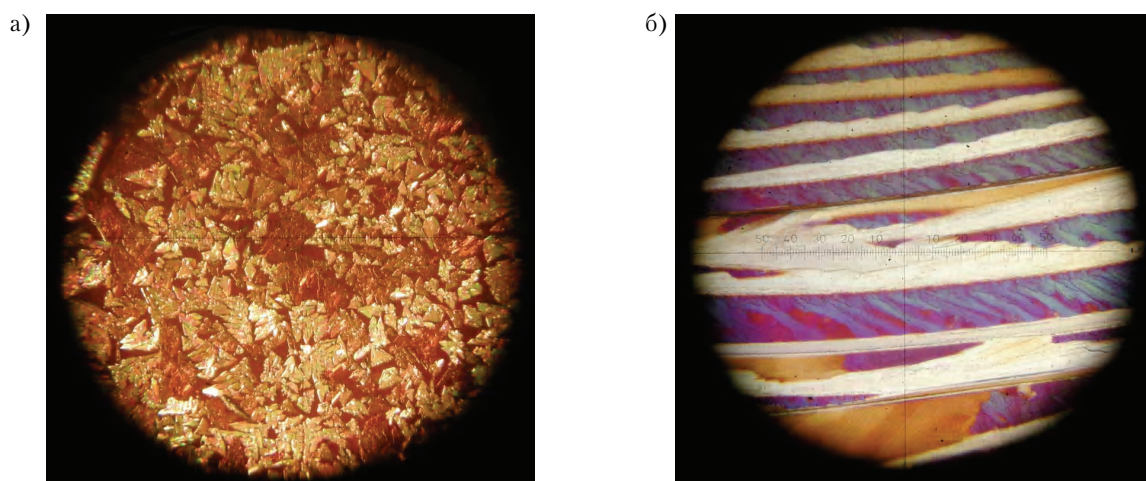


Рисунок 9 – Кристаллы нафталина, полученные при РК (а) и НРВК (б) из сплава нафталин-дифенил, х 200.

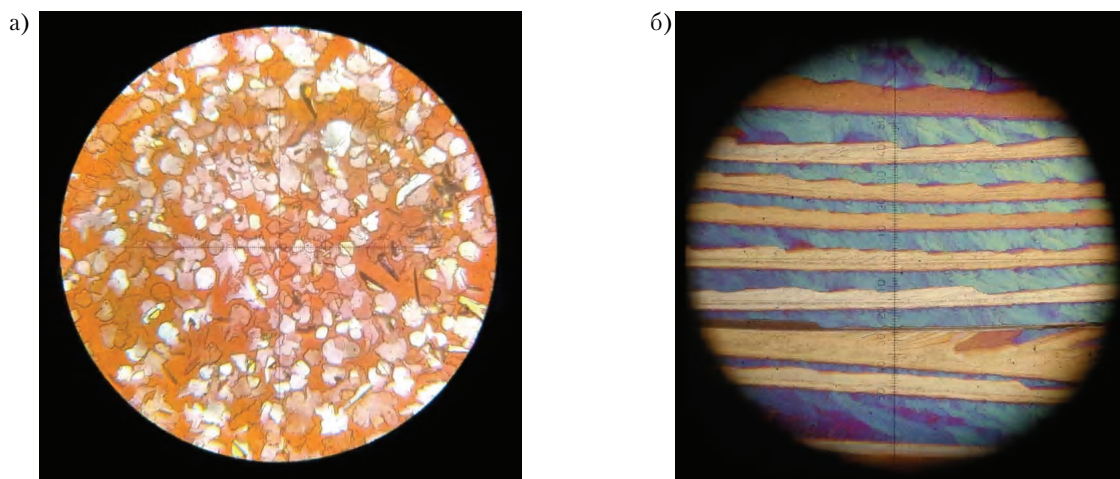


Рисунок 10 – Кристаллы дифенила, полученные при РК (а) и НРВК (б) из сплава нафталин-дифенил, х 200.

Видна существенная разница в структурах соответствующих кристаллов, получаемых при РК и НРВК.

Таким образом, в работе на основании различных термограмм нагрева и охлаждения разработаны температурные и концентрационные пути кристаллизации бинарных сплавов эвтектического типа без взаимной растворимости компонентов, имеющих важное значение для развития теории фракционирования.

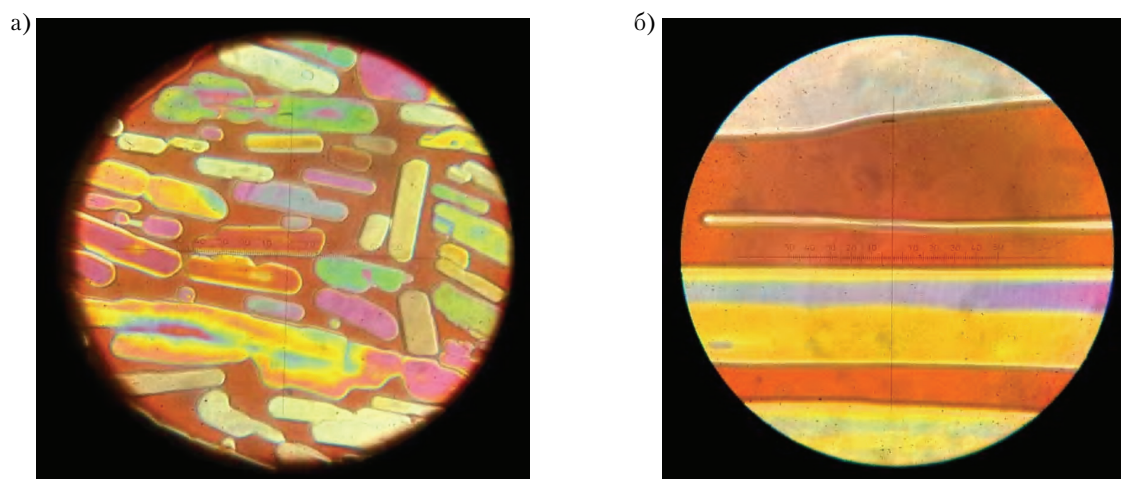


Рисунок 11 – Кристаллы дифенилметана, полученные при РК (а) и НРВК (б) из сплава нафталин-дифенилметан, $\times 200$.

Предложены следующие схемы путей кристаллизации:

- при непрерывной равновесной (I) и неравновесной (II) кристаллизации;
- при дискретной равновесной (III) и неравновесной кристаллизации; (IV);
- при охлаждении неперегретых и перегретых расплавов, в результате которых реализуются кристаллизации типа I–IV.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гельперин, Н. И. Основы техники фракционной кристаллизации [Текст] / Н. И. Гельперин, Г. А. Носов. – М.: Химия, 1986. – 304 с.
2. Разделение газовых смесей методом кристаллизации газовых гидратов [Текст] / В. М. Воротынцев, В. М. Малышев, Г. М. Мохалов, П. Г. Тарабуров // Теоретические основы химической технологии, 2001. – Т. 35(2). – С. 128–132.
3. Фракционная кристаллизация с использованием бинарных растворителей [Текст] / Г. А. Носов, Ф. Р. Ермаханова, Д. А. Попов, А. Д. Нечаев // Тезисы конференции по химической технологии (НОХТ-2007). – В 2 т. – Т. 2. – М.: ЛЕНАНД, 2007. – С. 107–109.
4. Тодес, О. М. Массовая кристаллизация из растворов [Текст] / О. М. Тодес, В. А. Себалло, А. Д. Гольцикер. – Л.: Химия, 1984. – 232 с.
5. Александров, В. Д. Исследование предкристаллизационных переохлаждений в системе вода – пентагидрат тиосульфата натрия [Текст] / В. Д. Александров, О. В. Соболев, Н. В. Савенков // Физика и химия твердого тела. – 2017. – Т. 8. – С. 771–775.
6. Александров, В. Д. Расхождение экзотермических эффектов при кристаллизации бинарных углеводородов [Текст] / В. Д. Александров, Н. В. Щebetовская // Расплавы. – 2014. – Т. 1. – С. 1–7.
7. Александров, В. Д. Кинетика зародышеобразования и массовой кристаллизации переохлажденных жидкостей и аморфных сред [Текст]: (сборник избранных трудов) / В. Д. Александров. – Т. 1. – Донецк: Изд-во «Донбасс». 2011. – 590 с. – ISBN 978-617-638-021-4.

Получено 20.12.2018

В. Д. АЛЕКСАНДРОВ, О. В. СОБОЛЬ, С. О. ФРОЛОВА, Н. В. ЩЕБЕТОВСЬКА, О. А. ПОКИНТЕЛИЦЯ, О. В. МУКОНІНА, М. В. МАРЧЕНКОВА
ТЕРМОГРАМИ ПЛАВКОСТІ ЯК ІНФОРМАЦІЙНЕ ДЖЕРЕЛО ДЛЯ РОЗВИТКУ ТЕОРІЇ ФРАКЦІОНУВАННЯ СПЛАВІВ
 ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У роботі на підставі різних термограм нагрівання й охолодження розроблені температурні та концентраційні шляхи кристалізації бінарних сплавів евтектичного типу без взаємної розчинності компонентів, що мають важливе значення для розвитку теорії фракціонування. Запропоновані наступні схеми шляхів кристалізації: – при безперервній рівноважній і нерівноважній кристалізації; – при

дискретній рівноважній і нерівноважній кристалізації; – при охолодженні неперегрітих і перегрітих розплавів, у результаті яких реалізуються кристалізації різних типів.

Ключові слова: сплав, діаграма стану, термограма, фракційна кристалізація, переохолодження, евтектика.

VALERY ALEKSANDROV, OKSANA SOBOLOV, SVETLANA FROLOVA, NATALIA
SHCHEBETOVSKAYA, OLENA POKYNTELYTSIA, ELENA MUKONINA,
MARINA MARCHENKOVA

THE THERMOGRAMS OF FUSION AS A SOURCE OF INFORMATION FOR
THE DEVELOPMENT OF THE THEORY OF THE FRACTIONATION OF
ALLOYS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. In work on the basis of various thermograms of heating and cooling temperature and concentration paths of a crystallization of binary alloys of the eutectic type without the mutual solubility of the components which are important for development of the theory of a fractionating are developed. The following schemes of paths of crystallization are offered: – at the continuous equilibrium and nonequilibrium crystallization; – at a discrete equilibrium and nonequilibrium crystallization; – when cooling not superheated and superheated melts as a result of which crystallizations of various types are implemented.

Key words: alloy, constitution diagram, thermogram, fractional crystallization, overcooling, eutectic.

Александров Валерий Дмитриевич – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой физики и физического материаловедения ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: изучение физико-химических основ кинетики процессов кристаллизации веществ.

Соболев Оксана Викторовна – кандидат химических наук, доцент кафедры физики и физического материаловедения ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: изучение физико-химических основ кинетики процессов кристаллизации веществ.

Фролова Светлана Александровна – кандидат химических наук, доцент кафедры физики и физического материаловедения ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: изучение физико-химических основ кинетики процессов кристаллизации веществ.

Щебетовская Наталья Витальевна – кандидат химических наук, доцент кафедры физики и физического материаловедения ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: изучение физико-химических основ кинетики процессов кристаллизации веществ.

Покинтелица Елена Анатольевна – ассистент кафедры физики и физического материаловедения ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: термодинамика и кинетика фазовых превращений.

Муконина Елена Владимировна – ассистент кафедры прикладной химии ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: термодинамика и кинетика фазовых превращений.

Марченкова Марина Валерьевна – магистр кафедры физики и физического материаловедения ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: изучение физико-химических основ кинетики процессов кристаллизации веществ.

Александров Валерій Дмитрович – доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри фізики та фізичного матеріалознавства ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: аналіз фізико-хімічних основ кінетики процесів кристалізації речовин.

Соболев Оксана Вікторівна – кандидат хімічних наук, доцент кафедри фізики та фізичного матеріалознавства ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: аналіз фізико-хімічних основ кінетики процесів кристалізації речовин.

Фролова Світлана Олександрівна – кандидат хімічних наук, доцент кафедри фізики та фізичного матеріалознавства ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: аналіз фізико-хімічних основ кінетики процесів кристалізації речовин.

Щебетовська Наталія Віталіївна – кандидат хімічних наук, доцент кафедри фізики та фізичного матеріалознавства ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: аналіз фізико-хімічних основ кінетики процесів кристалізації речовин.

Покинтелія Олена Анатоліївна – асистент кафедри фізики та фізичного матеріалознавства ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: термодинаміка та кінетика фазових перетворень.

Муконина Олена Володимирівна – асистент кафедри прикладної хімії ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: термодинаміка та кінетика фазових перетворень.

Марченкова Маріна Валеріївна – магістр кафедри фізики та фізичного матеріалознавства ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: аналіз фізико-хімічних основ кінетики процесів кристалізації речовин.

Aleksandrov Valery – D. Sc. (Chemistry), Professor, Head of Physics and Physical Materials Science Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: studying of physical and chemical bases kinetics processes of crystallization of substances.

Sobol Oksana – Ph. D. (Chemistry), Associate Professor, Physics and Physical Materials Science Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: studying of physical and chemical bases kinetics processes of crystallization of substances.

Frolova Svetlana – Ph. D. (Chemistry), Associate Professor Physics and Physical Materials Science Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: studying of physical and chemical bases kinetics processes of crystallization of substances.

Shchebetovskaya Natalia – Ph. D. (Chemistry), Associate Professor, Physics and Physical Materials Science Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: studying of physical and chemical bases kinetics processes of crystallization of substances.

Pokyntelytsia Olena – assistant, Physics and Physical Materials Science Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: thermodynamics and kinetics of phase transformations.

Mukonina Elena – assistant, Applied Chemistry Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: thermodynamics and kinetics of phase transformations.

Marchenkova Marina – Master, Physics and Physical Materials Science Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: studying of physical and chemical bases kinetics processes of crystallization of substances.

УДК 666.914

Л. В. ЧАЙКА, А. А. ШЕЙХ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГОРЕВШЕЙ ПОРОДНОЙ МАССЫ КАК КОМПОНЕНТА СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. Рациональное использование отходов добычи и обогащения углей привлекает внимание многих исследователей, поскольку они являются источниками сырья для получения алюминия, висмута, галлия, германия и других металлов, а также в дорожном и гидротехническом строительстве. Вместе с этим в течение многих десятилетий угледобыча Донбасса сопровождалась накоплением огромного количества породных отвалов, в том числе и горящих (прогоревших). В данной работе показано, что использование прогоревшей породной массы в качестве одного из компонентов сырья в производстве строительных материалов позволяет увеличить прочность экспериментальных образцов цементно-породных смесей почти в 2 раза, а их морозоустойчивость – в 1,5 раза.

Ключевые слова: угледобыча, отвалы породные горящие, образцы цементно-породные, прочность, морозостойкостью.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Для Донбасса, промышленно-индустриальное развитие которого базируется на угледобывающей отрасли, проблема использования породных отвалов особенно актуальна в связи с тем, что за многие десятилетия образовалось большое количество терриконов, занимающих огромные территории плодородных земель, являющихся источниками ухудшения многих экологических показателей окружающей природной среды. В то же время результаты исследований показали, что терриконы угольных шахт представляют собой высококачественное вторичное сырье в производстве строительных материалов и дорожном строительстве, для получения алюминия, висмута, галлия, германия [1–4] и др.

В зависимости от морфологического состава использование породных масс может осуществляться по следующим направлениям:

- для планировки территорий, отсыпки местных дорог, закладки выработанного пространства, т. е. там, где не предъявляются жесткие требования к составу и свойствам;

- для получения глинозема, редких металлов, соединений серы, строительных материалов [5].

Горящие и эксплуатируемые отвалы, содержащие повышенные концентрации токсичных и радиоактивных компонентов, составляют группу отходов, «непригодных» для использования.

Вместе с тем разработка мероприятий по комплексной переработке пород шахтных отвалов позволяет решать ряд актуальных задач по снижению:

- объемов добычи и использования природных ресурсов в производстве строительных материалов в результате замены отдельных компонентов отходами угледобычи и углеобогащения;

- негативного влияния на окружающую среду, связанного с пылегазовым загрязнением атмосферного воздуха, загрязнения плодородных земельных участков и водных объектов стоками с терриконов;

- уровня заболеваемости всех категорий населения Донбасса, особенно по классу верхних дыхательных путей.

Открытие новых предприятий по переработке промышленных отходов решает социально-экономические аспекты, связанные с появлением рабочих мест, снижением себестоимости строительных материалов, конкурентно способных на рынке товаров.

В этом отношении интерес вызывают прогоревшие массы породных отвалов, морфологический состав которых практически не изменяется, «обогащаясь» естественным путем алюмосиликатами до 70...80 % к общей массе прогоревшей породы, удовлетворяя, таким образом, требованиям химического состава, физических свойств, радиационно-гигиенической оценки и способной на 30...40 % заменить природное сырье в строительной индустрии [6].

Целью работы является исследование возможной замены песка в цементно-песочных смесях на горелую породную массу в качестве вторичного ресурса и определение физико-механических характеристик цементно-породных смесей для определения целесообразности ее использования.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основании ГОСТ 27006-86 «Бетоны. Правила подбора состава бетона» был выполнен экспериментальный выбор оптимального состава цементно-породной смеси по содержанию воды и породной массы как заменителя песка.

Для анализа полученных образцов использовались визуальный, весовой и линейный методы. Результаты позволили определить оптимальный состав цементно-породных смесей в пересчете на сухую смесь (%):

- содержание цемента во всех образцах составляет 25;
- содержание воды – 10 и 20;
- содержание прогоревшей породной массы – 10, 20 и 30.

Физико-механические характеристики определялись на основании требований, соответствующих ГОСТ [7,8]. Результаты представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Результаты физико-механических характеристик образцов при 10 % содержании воды

№ образца	Площадь поперечного сечения, см ²	Разрушающая нагрузка, кгс	Мощность на сжатие, кгс/см ²	Средняя мощность на сжатие, кгс/см ²
0 % породной массы				
1	3,454	1 000,0	289,52	308,38
2	3,438	1 125,0	327,23	
10 % породной массы				
3	3,462	1 687,5	487,44	487,44
4	3,438	брак	брак	
20 % породной массы				
5	3,446	2 500,0	725,48	671,07
6	3,446	2 125,0	616,66	
30 % породной массы				
7	3,470	2 625,5	756,48	752,99
8	3,419	2 562,5	749,49	

Анализ данных таблицы 1 показывает, что уменьшение содержания песка на (%) 10, 20 и 30, приводит к увеличению средней мощности на сжатие соответственно (%): 58,1; 117,6; 144,2, т. е. прочность цементно-породных образцов увеличивается в 1,6; 2,2 и 2,4 раза по сравнению с образцом сравнения (0 % породной массы).

Данные таблицы 2 свидетельствуют о том, что закономерность для образцов с содержанием воды 10 % наблюдается и для группы образцов с содержанием воды 20 %: с повышением горелой породной массы средняя мощность на сжатие увеличивается на (%) 11,5; 65,5 и 82,7.

На первый взгляд, это гораздо меньше, чем показатели в таблице 1, но необходимо учесть тот факт, что средняя мощность «нулевого» образца увеличилась на 52,6 %, т. е. в 1,53 раза. Кроме этого, следует отметить, что замена 30 % песка на прогоревшую породную массу увеличивает прочность образцов в этой группе в 1,83 раза, а при сравнении с аналогичными образцами первой группы (10 % содержание воды) – в 1,14 раза.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что влияние на физико-механические свойства цементно-породных образцов более четко просматривается на образцах с 10 % содержанием воды, но более

Таблица 2 – Результаты физико-механических характеристик образцов при 20 % содержании воды

№ образца	Площадь поперечного сечения, см ²	Разрушающая нагрузка, кгс	Мощность на сжатие, кгс/см ²	Средняя мощность на сжатие, кгс/см ²
1	2	3	4	5
0 % породной массы				
1	3,454	1 500,0	434,28	470,47
2	3,454	1 750,0	506,66	
1	2	3	4	5
10 % породной массы				
3	3,466	2 000,0	577,03	524,57
4	3,442	1 625,0	472,11	
20 % породной массы				
5	3,454	2 375,0	687,61	778,59
6	3,450	3 000,0	869,57	
30 % породной массы				
7	3,458	3 000,0	867,55	859,50
8	3,450	2 937,5	851,45	

высокие показатели прочности получены для образцов с 20 % содержанием воды. Возможность выбора одного из двух вариантов, конечно, зависит от необходимых требований к готовой продукции и к условиям ее эксплуатации.

Полученные результаты позволяют предложить оптимальный состав для дальнейших исследований или для практического использования (%): цемент – 25; прогоревшая породная масса – 30; песок – 45; вода – 20 (в пересчете на сухую массу основных компонентов), и подтверждают целесообразность использования цементно-породных смесей в строительной индустрии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шпирт, М. Я. Рациональное использование отходов добычи и обогащения углей [Текст] / М. Я. Шпирт, В. А. Рубан, Ю. В. Иткин. – М. : Недра, 1990. – 186 с.
2. Зубова, Л. Г. Терриконы угольных шахт – источники сырья для получения галлия, германия, висмута [Текст] / Л. Г. Зубова // Уголь Украины. – 2004. – № 12(937). – С. 41–44.
3. Рубан, В. А. Перспективы использования отходов добычи и обогащения углей в народном хозяйстве [Текст] // Комплексная переработка твердых горючих ископаемых : сб. науч. трудов ИГИ. – М. : ИОТТ, 1985. – С. 109–112.
4. Уткин, Ю. В. Перспективы использования отходов добычи и обогащения углей для производства пористых заполнителей [Текст] / Ю. В. Уткин, М. Я. Шпирт, Э. П. Элинзон. – М. : ЦНИЭИУголь, 1987. – 185 с.
5. Подвиженский, С. В. Рациональное использование природных ресурсов в горнопромышленном комплексе [Текст] / С. В. Подвиженский, В. И. Чалов, О. П. Кравчина. – М. : Недра, 1990. – 237 с.
6. Лотош, В. Е. Использование горелой породы для производства стеновых блоков [Текст] / В. Е. Лотош // Известия вузов, 1999. – № 1. – С. 71–74.
7. ГОСТ 27006-86 Бетоны. Правила подбора состава бетонов [Текст]. – Введ. 1987-01-01 / Государственный стандарт союза ССР. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 6 с.
8. ГОСТ 8462-85 Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе [Текст]. – Взамен ГОСТ 8462-75 ; введ. 1985-01-18. – М. : Изд-во стандартов, 1985. – 9 с.

Получено 21.12.2018

Л. В. ЧАЙКА, О. О. ШЕЙХ

ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПРОГОРІЛОЇ ПОРОДНОЇ МАСИ ЯК
КОМПОНЕНТА СИРОВИНИ У ВИРОБНИЦТВІ БУДІВЕЛЬНИХ
МАТЕРІАЛІВ

ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Рациональное использование отходов добытки і збагачення вугілля привертає увагу багатьох дослідників, оскільки вони є джерелами сировини для отримання алюмінію, вісмуту, галію, германію та інших металів, а також в дорожньому і гідротехнічному будівництві. Разом з цим протягом багатьох десятиліть вугледобуток Донбасу супроводжувався накопиченням величезної кількості породних відвалів, у тому числі і палаючих (прогорілих). У даній роботі показано, що використання прогорілої породної маси як одного з компонентів сировини у виробництві будівельних матеріалів дозволяє

збільшити міцність експериментальних зразків цементно-породних сумішей майже в 2 рази, а їх морозостійкість у 1,5 рази.

Ключові слова: вуглевидобуток, відвали породні палаючі, зразки цементно-породні, міцність, морозостійкість.

LYUDMILA CHAIKA, ALEXANDRA SHEIKH
THE EXPEDIENCY OF USING THE BURNED-OUT ROCK MASS AS A
COMPONENT OF RAW MATERIALS IN THE PRODUCTION OF BUILDING
MATERIALS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. Rational use of waste mining and enrichment of coal attracts the attention of many researchers, since they are sources of raw materials for the production of aluminum, bismuth, gallium, germanium and other metals, as well as in road and hydraulic engineering construction. At the same time, for many decades, the coal mining of Donbas was accompanied by the accumulation of a huge number of rock heaps, including burning ones (burnt out). In this work, it is shown that the use of the burned-out rock mass as one of the raw material components in the production of building materials makes it possible to increase the strength of experimental samples of cement-rock mixtures by almost 2 times, and their frost resistance – by 1.5 times.

Key words: coal mining, burning dumps, cement-rock samples, strength, frost resistance.

Чайка Людмила Викторовна – кандидат химических наук, доцент кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: экологические проблемы и пути их решения в контексте «Стратегии устойчивого развития промышленных предприятий и населенных пунктов».

Шейх Александра Александровна – ассистент кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: повышение экологической безопасности в строительстве и оценка уровня воздействия на атмосферный воздух процесса возведения зданий.

Чайка Людмила Вікторівна – кандидат хімічних наук, доцент кафедри техносферної безпеки ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: екологічні проблеми та шляхи їх вирішення в контексті «Стратегія сталого розвитку промислових підприємств і населених пунктів».

Шейх Олександра Олександрівна – асистент кафедри техносферної безпеки ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: підвищення екологічної безпеки в будівництві і оцінка рівня впливу на атмосферне повітря процесу зведення будівель.

Chaika Lyudmila – Ph. D. (Chemistry), Associate Professor, Technosphere Safety Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: environmental problems and ways to solve them in the context of the «Strategy for sustainable development of industrial enterprises and human settlements».

Sheikh Alexandra – assistant, Technosphere Safety Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improving environmental safety in construction and the assessment of the impact on the atmospheric air of the construction of buildings.

УДК 666.973.6

А. Н. ЕФРЕМОВ^а, А. В. НАЗАРОВА^б, Е. М. ВИШТОРСКИЙ^с, Д. Г. МАЛИНИН^а^а ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», ^б ИСА и ЖКХ ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет им. В. Даля», ^с ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет»

ПЕНОБЕТОННЫЕ СМЕСИ ПОНИЖЕННОГО ВОДОСОДЕРЖАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОДОРЕДУЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК

Аннотация. В данной статье рассмотрены показатели текучести пенобетонных смесей на основе белкового пенообразователя «Эталон» с использованием водоредуцирующих добавок различного химического действия: «Хемикс Art-2», «Форт УП-2» и «Sika Mix Plus». Представлено сравнение текучести пенобетонных смесей при равных значениях водоцементного отношения. Определены зависимости плотности и прочности пенобетонов с применением водоредуцирующих добавок различной химической природы от водоцементного отношения.

Ключевые слова: ячеистый бетон, пенобетон, пенобетонные смеси, водоцементное отношение, водосодержание, пенообразователь.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Водопотребность является основным фактором, определяющим физико-механические свойства пенобетона. Снижение водотвердого отношения (В/Т) без потери подвижности пенобетонной смеси – кардинальный путь повышения качества и долговечности пенобетонных изделий [1, 2].

Количество воды, вводимое в любую бетонную смесь, всегда превышает необходимое количество для гидратации вяжущего [3], а в пенобетонных смесях составляет от 50 до 85 % [4, 5] объема их плотной фазы. В присутствии такого количества воды частицы вяжущего отделены друг от друга значительными прослойками свободной воды, обеспечивающими текучесть дисперсной системы.

Известно, что для получения качественной пеномассы требуется повышенное содержание воды, а В/Ц должно составлять 0,5...0,9 [3, 6]. Дальнейшее участие этой воды при схватывании и наборе прочности оказывает только отрицательное воздействие: не участвующая в гидратации вяжущего физически связанная вода не позволяет получить расплучную прочность в ранние сроки (что ведет к сокращению оборачиваемости форм), а после её испарения контракционная пористость цементного камня в межпоровых перегородках не позволяет получить высокие показатели морозостойкости и водонепроницаемости и, как следствие, теплопроводности в естественных условиях [2, 6].

Важным фактором получения неавтоклавного пенобетона из смесей пониженного водосодержания является применение в его составе водоредуцирующих добавок. Известно, что водоредуцирующие добавки при снижении водосодержания в бетонных смесях повышают прочностные характеристики бетонов [7-10]. Даже при введении в растворную смесь в малых количествах эти добавки оказывают значительное влияние на процессы гидратации цемента, что сказывается на свойствах пенобетонных смесей и пенобетонов.

Введение водоредуцирующих добавок в растворную смесь способствует изменению воды сольватных оболочек частиц новообразований цемента. При адсорбции поверхностно-активного вещества (ПАВ) на поверхности твердой фазы объем воды в сольватных оболочках уменьшается, а объем свободной воды возрастает. Это приводит к улучшению реологии смеси, но замедляет твердение цемента [4].

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В исследованиях А. Б. Стещенко рассмотрено использование пластификатора «Неолас 5.2» в производстве неавтоклавных пенобетонов [11]. При введении добавки Неолас 5.2 в количестве 0,1 % от массы цемента смесь становится более пластичной, текучесть пенобетонной смеси с добавкой на приборе Суттарда увеличилась с 10,5 до 14,5 см.

Исследованиями, выполненными в Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, установлено, что при использовании пластифицирующей добавки С-3 м в пределах 0,25–0,75 % от массы цемента увеличивается текучесть ячеистобетонных смесей, а также сокращена их водопотребность на 40 % [7].

Целью работы является исследование влияния водоредуцирующих добавок различного химического действия на текучесть пенобетонных смесей, а также плотность и прочность пенобетона с применением белкового пенообразователя «Эталон».

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В данной работе использовался цемент ЦЕМ-I 42,5 Н Амвросиевского цементного завода объединения «Цемент Донбасса», отвечающий требованиям ГОСТ 30515 2013. Белковый пенообразователь «Эталон» челябинской фирмы «Аист», изготовленный по ТУ 2483-003-13420175-2015, водоредуцирующие добавки: «Хемикс Art-2» и «Форт УП-2» российского производства, а также «Sika Mix Plus» швейцарского концерна. Расход цемента и пенообразователя был определен исходя из предполагаемой плотности пенобетона в сухом состоянии – 600 кг/м³. В качестве ускорителя схватывания и твердения пенобетона был использован сульфат натрия (СН) в количестве 1 % от массы цемента.

В соответствии с рекомендациями производителей количество вводимой добавки «Хемикс Art-2» составило 0,65...1,1 %, «Форт УП-2» – 0,5...0,7 %, при использовании «Sika Mix Plus» – 0,05...0,2 % от массы цемента.

Неавтоклавный пенобетон производился по одностадийной технологии, которая предусматривает введение пенообразователя в заранее приготовленную растворную смесь. Приготовление производилось в лабораторном миксере со скоростью 1 000 об/мин. Время перемешивания составило 4–6 мин. Текучесть пенобетонной смеси была определена с помощью прибора Суттарда. Составы неавтоклавных пенобетонов приведены в таблице.

Таблица – Составы неавтоклавных пенобетонов

№ состава	В/Ц	Текучесть, см		Плотность кг/м ³		Прочность в 28 сут, МПа
		растворной смеси	пенобетонной смеси	пенно-массы	пенобетона в сух. состоянии	
1. Контрольный	0,42	19,5	11	686	612	2,5
2. 0,65 % Art-2	0,42	39	14,5	598	477	1,5
3. 0,5 % УП-2 + 1 % СН	0,42	20	11,2	609	489	1,7
4. 0,05 % Sika + 1 % СН	0,42	19,5	14	695	555	2,5
1. Контрольный	0,4	18,5	10	789	662	2,9
2. 0,85 % Art-2	0,4	35	16	633	506	1,8
3. 0,6 % УП-2 + 1 % СН	0,4	20	11,3	609	511	1,9
4. 0,1 % Sika + 1 % СН	0,4	16,5	13	718	602	2,5
1. Контрольный	0,38	15,5	9	982	790	4,8
2. 1,1 % Art-2 + 1 % СН	0,38	39	18	668	553	3,3
3. 0,7 % УП-2 + 1 % СН	0,38	16,5	12,2	722	602	2,3
4. 0,2 % Sika + 1 % СН	0,38	16,5	12,2	893	719	4,1

На рисунках 1–3 представлена текучесть пенобетонных смесей с применением водоредуцирующих добавок различного химического действия при В/Ц от 0,42 до 0,38.

При водоцементном отношении равном 0,42 (рис. 1) с использованием водоредуцирующей добавки «Хемикс Art-2» в количестве 0,65 % от массы цемента увеличил текучесть пенобетонной смеси на 32 %, состав с добавкой «Sika Mix Plus» в количестве 0,05 % от массы цемента – на 27 %. Присутствие добавки «Форт УП-2» в количестве 0,5 % от массы цемента практически не повлияло на текучесть смеси в сравнении с контрольным составом.

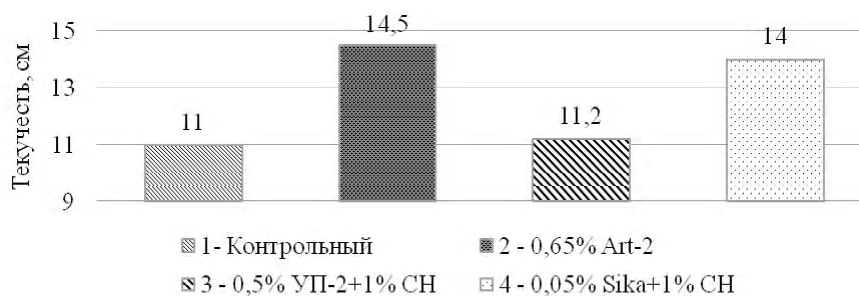


Рисунок 1 – Текущность пенобетонных смесей при В/Ц равном 0,42.

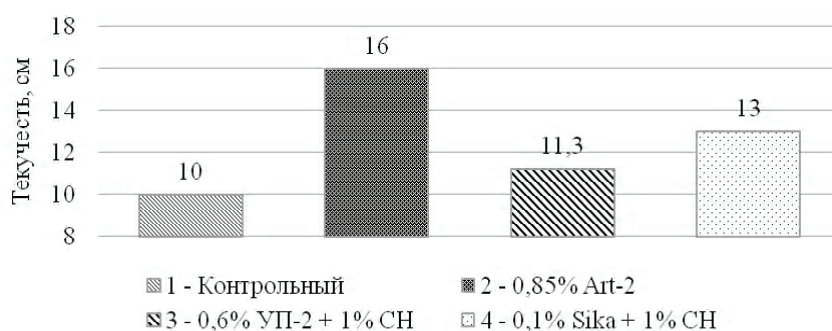


Рисунок 2 – Текущность пенобетонных смесей при В/Ц равном 0,4.

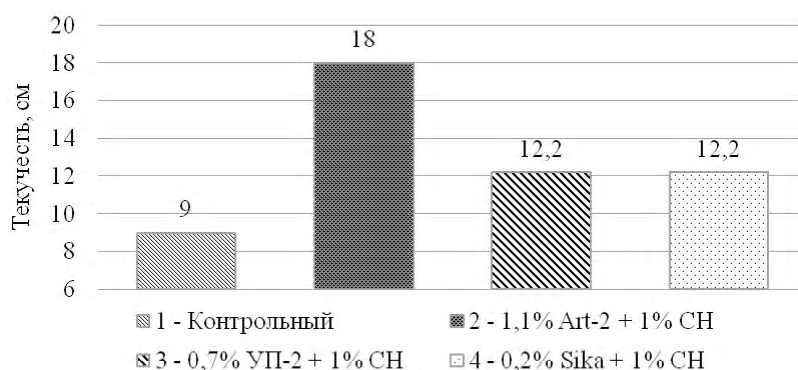


Рисунок 3 – Текущность пенобетонных смесей при В/Ц равном 0,38.

С уменьшением водоцементного отношения до 0,4 (рис. 2) и увеличением расхода добавки «Хе-микс Art-2» до 0,85 % от массы цемента текущность смеси увеличена на 52 %, состава с добавкой «Sika Mix Plus» – на 23 %. Состав с добавкой «Форт УП-2» в количестве 0,6 % повысил текущность смеси на 13 %.

При водоцементном отношении равном 0,38 (рис. 3) добавка «Хемикс Art-2» в количестве 1,1 % от массы цемента увеличивает текущность пенобетонной смеси на 89 %. Очевидно, что с применением добавки «Хемикс Art-2» уменьшается размер пузырьков вовлеченного воздуха, что и придает высокую пластичность пенобетонной смеси. С использованием добавок «Sika Mix Plus» и «Форт УП-2» текущность полученных смесей увеличена на 26 % в сравнении с контрольным составом.

На рисунках 4–6 представлены зависимости плотности и прочности пенобетонов с применением водоредуцирующих добавок различного химического действия от водоцементного отношения.

Из рисунков 4–6 следует, что со снижением водоцементного отношения повышается плотность пенобетона, что влечет за собой и повышение прочности. При уменьшении В/Ц с 0,4 до 0,38 и увеличении количества добавки «Хемикс Art-2» с 0,85 до 1,1% от массы цемента (рис. 4) прочность неавтоклавного пенобетона в 28 суток возросла с 1,8 до 3,3 МПа, однако плотность повысилась незначительно, с 506 до 553 кг/м³.

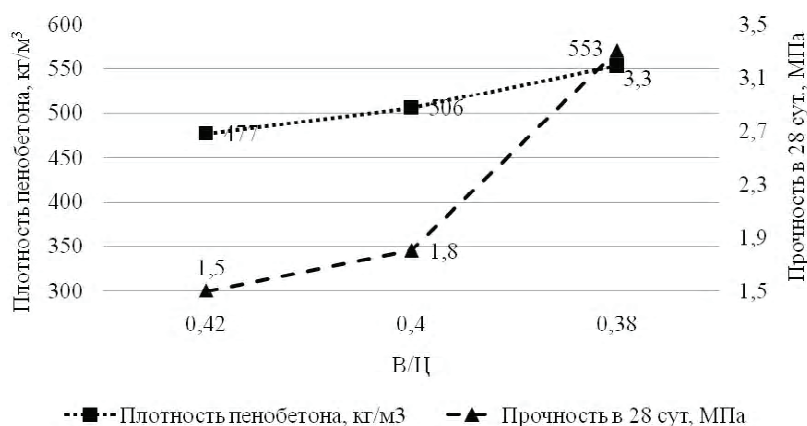


Рисунок 4 – Зависимость плотности и прочности пенобетонов с применением водоредуцирующей добавки «Хемикс Art-2» от водоцементного отношения.

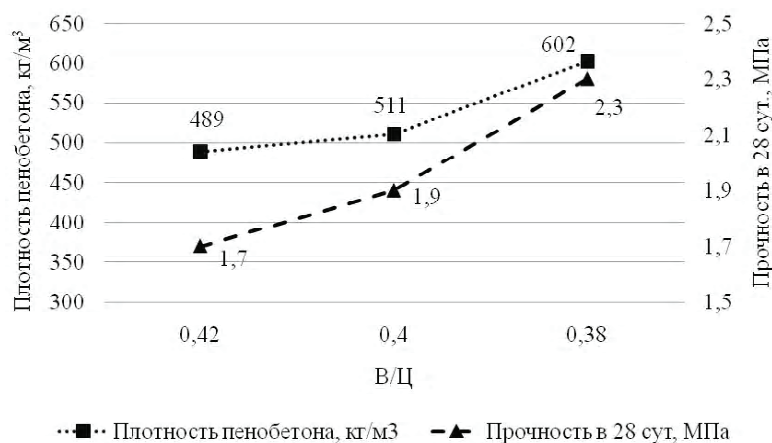


Рисунок 5 – Зависимость плотности и прочности пенобетонов с применением водоредуцирующей добавки «Форт УП-2» от водоцементного отношения.

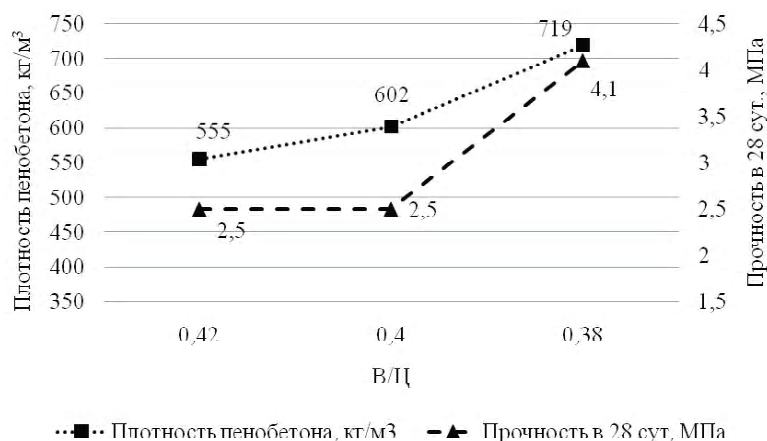


Рисунок 6 – Зависимость плотности и прочности пенобетонов с применением водоредуцирующей добавки «Sika Mix Plus» от водоцементного отношения.

С использованием добавки «Форт УП-2» (рис.5.) в пределах В/Ц от 0,42...0,40 плотность и прочность существенно не изменилась, однако при дальнейшем снижении В/Ц до 0,38 плотность возрастает с 511 до 602 кг/м³, что служит причиной повышения прочности с 1,9 до 2,3 МПа в марочном возрасте.

Применение водоредуцирующей добавки «Sika Mix Plus» (рис. 6) в пределах В/Ц от 0,42–0,40 характеризуется одинаковыми показателями прочности – 2,5 МПа, однако плотность изменяется с 555 до 602 кг/м³. С уменьшением В/Ц до 0,38 плотность увеличивается до 719 кг/м³, что привело к повышению прочности до 4,1 МПа.

ВЫВОДЫ

Регулирование технологических характеристик пенобетонных смесей позволит улучшить физико-механические показатели пенобетонных изделий, а приведенные экспериментальные данные позволят подобрать оптимальный состав неавтоклавного цементного пенобетона.

Наиболее эффективной для пенобетонов естественного твердения на белковом пенообразователе «Эталон», в плане водоредуцирования является добавка «Хемикс Art-2» в количестве 0,85 – 1,1 % от массы цемента. При В/Ц равном 0,42 текучесть пенобетонной смеси увеличена на 32 %, при В/Ц равном 0,4 – на 52 %, при В/Ц 0,38 – на 89 %.

Если сравнивать показатели текучести смесей с добавками «Форт УП-2» и «Sika Mix Plus» между собой, то вторая является более эффективной в количестве 0,05 – 1 % от массы цемента.

Стоит отметить, что неавтоклавные цементные пенобетоны продолжают набирать прочность и в послемарочном возрасте, поэтому возможны дополнительные исследования в этом направлении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горлов, Ю. П. Технология теплоизоляционных материалов и изделий [Текст] / Ю. П. Горлов, А. П. Меркин, А. А. Устенко. – М. : Стройиздат, 1980. – 376 с.
2. Жабин, Д. В. Активированный электрогидротеплосиловым полем неавтоклавный пенобетон [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / Жабин Дмитрий Владимирович. – Москва : [б. и.], 2014. – 233 с.
3. Кузнецова, Т. В. Физическая химия вяжущих материалов [Текст] / Т. В. Кузнецова, И. В. Кудряшов, В. В. Тимашев. – М. : Высшая школа, 1989. – 384 с.
4. Изотов, В. С. Химические добавки для модификации бетона [Текст] / В. С. Изотов, Ю. А. Соколова. – М. : КГАСУ: Изд-во «Палеотип», 2006. – 244 с.
5. Совершенствование технологии пенобетона при учете температуры воды затворения [Текст] / В. Н. Моргун, А. Ю. Богатина, Л. В. Моргун, П. В. Смирнова, Я. С. Набокова // Достижения и проблемы материаловедения и модернизации строительной индустрии : материалы XV Академических чтений РААСН – МНТК (14-17 апреля 2010 г., г. Казань) / Федеральное агентство по образованию, Российская акад. архитектуры и строит. наук [и др.] ; редкол. : Р. З. Рахимов (отв. ред.) и др.]. – Т. 1. – Казань : [Казанский гос. архитектурно-строит. ун-т], 2010. – С. 322–326.
6. Взаимосвязь структуры пены, технологии и свойств получаемого пенобетона [Текст] / Т. Е. Кобидзе, В. Ф. Коровяков, А. Ю. Киселев [и др.] // Строительные материалы. – 2005. – № 1. – С. 26–29.
7. Ефремов, А. Н. Технологические и эксплуатационные свойства газобетонов с низким водотвердым отношением [Текст] / А. Н. Ефремов, Д. Г. Малинин // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2018. – Вып. 2018-4(132) Научно-технические достижения студентов строительно-архитектурной отрасли. Т. 2. Технологии строительных конструкций, изделий и материалов. – С. 194–198.
8. Касторных, Л. И. Добавки в бетоны и строительные растворы [Текст] : учебно-справочное пособие / Л. И. Касторных, – Ростов н/Д : Феникс, 2007. – 21 с.
9. Кучуев, Е. В. Структура и свойства пенобетонов на основе минеральных вяжущих веществ и пенообразователей синтетической и биологической природы [Текст] : дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Кучуев Евгений Викторович. – Ростов н/Д : [б. и.], 2015. – 154 с.
10. Шахова, Л. Д. Технология пенобетона: Теория и практика [Текст] : монография / Л. Д. Шахова. – Москва : Издательство АСВ, 2010. – 247 с.: ил., схем. табл.
11. Стешенко, А. Б. Модифицированный теплоизоляционный пенобетон с пониженной усадкой [Текст] : дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Стешенко Алексей Борисович. – Томск : [б. и.], 2015. – 189 с.

Получено 10.01.2019

О. М. ЄФРЕМОВ ^а, А. В. НАЗАРОВА ^б, Є. М. ВИШТОРСЬКИЙ ^с,
Д. Г. МАЛИНІН ^а
ПІНОБЕТОННІ СУМІШІ ЗНИЖЕНОГО ВОДОВМІСТУ ІЗ
ЗАСТОСУВАННЯМ ВОДОРЕДУКУЮЧИХ ДОБАВОК

^а ДОО ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», ^б ІБА і ЖКГ ДОО ВПО
ЛНР «Луганський національний університет ім. В. Даля», ^с ДОО ЛНР «Луганський національний
аграрний університет»

Анотація. У даній статті розглянуті показники текучості пінобетонних сумішей на основі білкового піноутворювача «Еталон» з використанням водоредукуючих добавок різної хімічної дії: «Хемікс Art-2», «Форт УП-2» та «Sika Mix Plus». Надано порівняння текучості пінобетонних сумішей при рівних значеннях водоцементного відношення. Визначені залежності щільності та міцності пінобетонів із застосуванням водоредукуючих добавок різної хімічної природи від водоцементного відношення.

Ключові слова: ніздрюватий бетон, пінобетон, пінобетонні суміші, водоцементне відношення, водовміст, піноутворювач.

ALEXANDER YEFREMOV ^a, ANTONINA NAZAROVA ^b, EVGENY VISHTORSKIY ^c, DENIS MALININ ^a

FOAM CONCRETE MIXTURES OF LOW WATER CONTENT WITH THE USE OF WATER-REDUCING ADDITIVES

^a Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, ^b SEI HPE LPR «Vladimir Dalh Lugansk National University», ^c SEI LPR «Lugansk National Agrarian University»

Abstract. This article discusses the flow characteristics of foam concrete mixtures based on Etalon protein frother using water-reducing additives of various chemical actions: «Chemix Art-2», «Fort UP-2» and «Sika Mix Plus». A comparison of the fluidity of foam concrete mixtures with equal values of water-cement ratio is presented. The dependences of the density and strength of foam concrete using water-reducing additives of various chemical nature on water-cement ratio are determined.

Key words: cellular concrete, foam concrete, foam concrete mixtures, water-cement ratio, water content, foaming agent.

Ефремов Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: вяжущие и бетоны на основе промышленных отходов, жаростойкие и огнеупорные бетоны.

Назарова Антонина Васильевна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры городского строительства и хозяйства института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства ГОУ ВПО ЛНР «Луганский национальный университет им. В. Даля». Научные интересы: бетоны с использованием отходов промышленности.

Вишторский Евгений Михайлович – аспирант кафедры архитектуры и строительных конструкций ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет». Научные интересы: ячеистые бетоны, пенобетоны, отвечающие современным требованиям.

Малинин Денис Геннадьевич – аспирант кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: неавтоклавные газобетоны.

Єфремов Олександр Миколайович – доктор технічних наук, професор кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: в'язучі та бетоны на основі промислових відходів; жаростійкі і вогнетривкі бетоны.

Назарова Антоніна Василівна – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри міського будівництва та господарства інституту будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства ДООУ ВПО ЛНР «Луганський національний університет ім. В. Даля». Наукові інтереси: бетоны з використанням відходів промисловості.

Вишторський Євген Михайлович – аспірант кафедри архітектури і будівельних конструкцій, ДООУ ЛНР «Луганський національний аграрний університет». Наукові інтереси: ніздрюваті бетоны, пінобетоны, що відповідають сучасним вимогам.

Малинін Денис Геннадійович – аспірант кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: неавтоклавні газобетоны.

Yefremov Alexander – D. Sc. (Eng.), Professor, Associate Professor, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: binders and concretes on the basis of industrial waste, refractory concretes.

Nazarova Antonina – Ph. D. (Eng.), Assistant Professor, Senior Researcher, Department of Urban Construction and Economy, Institute of Construction, Architecture and Housing Communal Services, SEI HPE LPR «Vladimir Dalh Lugansk National University». Scientific interests: concretes with industrial wastes.

Vishtorskiy Evgeny – post-graduate student, Architecture and Building Constructions Department, SEI LPR «Lugansk National Agrarian University». Scientific interests: cellular concretes, foam concretes, meeting modern requirements.

Malinin Denis – post-graduate student, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: cellular concretes.

УДК 99.86

Д. В. КОПЕЙКА

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКАЯ ОДНОРОДНОСТЬ НАВЕСНЫХ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Аннотация. Навесной фасад с вентилируемой воздушной прослойкой – один из самых популярных и эффективных способов утепления наружных ограждающих конструкций. Однако монтаж навесного фасада сопряжен с использованием большого количества крепежных элементов, которые являются теплопроводными включениями, ухудшающими тепловые характеристики конструкции. На степень однородности конструкции влияют геометрические параметры и концентрация крепежных элементов на 1 м² конструкции. На сегодняшний день проведены исследования, позволяющие усовершенствовать методику теплотехнического расчета навесных вентилируемых фасадов и установить степень влияния крепежных элементов на теплотехническую однородность конструкции. Целью данного исследования является определение влияния крепежных элементов на экономическую эффективность навесных вентилируемых фасадов.

Ключевые слова: навесной вентилируемый фасад, коэффициент однородности.

АКТУАЛЬНОСТЬ

Технология «навесной фасад с вентилируемой воздушной прослойкой» считается одной из самых эффективных при утеплении ограждающих конструкций многоэтажных зданий. Эта технология имеет ряд существенных преимуществ, как например удаление влаги из конструкции, высокие теплоизоляционные характеристики, а также многообразие вариантов декоративной отделки конструкции [2]. Однако у этой технологии есть свои недостатки, связанные со сложностью монтажа и большим количеством крепежных элементов, которые могут влиять на ее экономическую эффективность.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Влиянию крепежных элементов на теплотехническую однородность навесных вентилируемых фасадов посвящены работы А. М. Протасевича, А. Б. Крутилина [4], В. Г. Гагарина, В. В. Козлова, Дмитриева [1, 2]. В этих работах рассматриваются теплотехнические основы расчетов параметров навесных вентилируемых фасадов с учетом влияния теплопроводных включений.

В работе О. А. Тусниной [6] рассматриваются применения современных программных комплексов для определения коэффициента теплотехнической однородности конструкций с навесным вентилируемым фасадом.

В работах [3, 7, 8] рассмотрены процессы переноса тепла в конструкциях с навесными фасадами.

Технико-экономическое обоснование применения фасадных конструкций при утеплении наружных стен зданий рассмотрено в работе [9].

Зарубежный опыт эксплуатации навесных фасадов с вентилируемой воздушной прослойкой представлен в [10, 11].

Целью данного исследования является на конкретном примере определить влияние крепежных элементов навесного вентилируемого фасада на теплотехническую однородность всей конструкции и соответственно на экономические параметры эффективности.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Для ограждающих конструкций с вентилируемым навесным фасадом определяющими теплопроводными включениями являются кронштейны и анкерные болты [2, 4]. С помощью кронштейна несущий каркас соединяется с основанием, сам же кронштейн крепится к стене здания с помощью анкерного болта. Кронштейны могут быть выполнены из стали или алюминия и иметь различную форму.

В качестве теплоизоляционного материала в системах навесных вентилируемых фасадов, как правило, используют минеральную вату. Толщина теплоизоляционного слоя и воздушной прослойки определяется необходимым сопротивлением теплопередаче и паропрооницанию ограждающей конструкции, параметрами влагопередачи, а также характеристиками выбранного для монтажа типа конструкции вентилируемого фасада [2].

Сопротивление теплопередаче конструкции с навесным вентилируемым фасадом определяется по формуле:

$$R_{нф} = \frac{1}{a_{int}} + (R_{cm} + R_{ym}) \cdot r + R_{np} + R_d + \frac{1}{a_{ext}}, \quad (1)$$

где R_{cm} – сопротивление теплопередаче наружной стены здания, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

R_{ym} – сопротивление теплопередаче слоя утеплителя, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

R_{np} – сопротивление теплопередаче воздушной прослойки, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

R_d – сопротивление теплопередаче декоративного слоя, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

r – коэффициент теплотехнической однородности, обусловленный наличием теплопроводных включений.

Сопротивление теплопередаче наружных стен, теплоизоляционного слоя и декоративного слоя определяется согласно теплотехническим характеристикам материалов по формуле [5]:

$$R = \frac{\delta_{ym}}{\lambda_{ym}}, \quad (2)$$

где δ_{ym} – толщина теплоизоляционного слоя, м;

λ_{ym} – теплопроводность теплоизоляционного слоя, $\text{Вт}/\text{м} \cdot ^\circ\text{C}$.

Коэффициент теплотехнической однородности определяют из отношения тепловых потоков [2]:

$$r = \frac{Q_{cm}}{Q_{np}}, \quad (3)$$

где Q_{cm} – тепловой поток через ограждающую конструкцию без теплопроводного включения, Вт;

Q_{np} – тепловой поток через ограждающую конструкцию с теплопроводным включением, Вт.

В качестве экономических параметров эффективности были использованы показатели эффективности инвестиционных проектов – чистый дисконтированный доход (ЧДД), индекс доходности (ИД), срок окупаемости дисконтированных затрат ($T_{ок}$). Параметры экономической эффективности определяются по формулам:

$$\text{ЧДД} = \frac{R_{нф} \cdot (t_{int} - t_{ext}^{cp}) \times A_{cm} \times z_{ht} \cdot c_{м.э.}}{4,19 \cdot 10^9 \cdot R_{до}^{des} \cdot R_{нф}} \times \frac{1 - (\frac{1}{1+E_p})^{T_{cs}}}{1 - (\frac{1}{1+E_p})} - A_{cm} \cdot (\delta_{ym} \cdot c_{м.м.} + c_m), \quad (4)$$

$$\text{ИД} = \frac{R_{нф} \cdot (t_{int} - t_{ext}^{cp}) \cdot z_{ht} \cdot c_{м.э.} \cdot (1 - (\frac{1}{1+E_p})^{T_{cs}})}{4,19 \cdot 10^9 \cdot R_{до}^{des} \cdot R_{нф} \cdot (\delta_{ym} \cdot c_{м.м.} + c_m) \cdot (1 - (\frac{1}{1+E_p}))}, \quad (5)$$

$$TOK = \frac{4,19 \cdot 10^9 \cdot R_{до}^{des} \cdot R_{нф} \cdot (\delta_{ym} \cdot c_{m.m.} + c_m) \cdot (1 - (\frac{1}{1+E_p}))}{\ln(1 - \frac{R_{нф} \cdot (t_{int} - t_{ext}^{cp}) \cdot z_{ht} \cdot c_{m.э.}}{R_{до}^{des} \cdot R_{нф} \cdot (\delta_{ym} \cdot c_{m.m.} + c_m) \cdot (1 - (\frac{1}{1+E_p}))})} \cdot \ln(\frac{1}{1+E_p}), \quad (6)$$

где A_{cm} – площадь ограждающей конструкции, м²;
 z_{ht} – продолжительность отопительного периода, с;
 $R_{до}^{des}$ – сопротивление теплопередаче конструкции до утепления, м²·°С/Вт;
 $c_{m.э.}$ – стоимость тепловой энергии, руб/Гкал;
 $c_{m.m.}$ – стоимость теплоизоляционного материала, руб/м³;
 c_m – стоимость монтажа, руб/м²;
 E_p – номинальная ставка дисконтирования, год⁻¹;
 t_{int} – температура внутреннего воздуха, °С;
 t_{ext}^{cp} – средняя температура воздуха за отопительный период, °С.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводилось для жилого здания типовой серии 1-447с со стенами из силикатного кирпича толщиной 0,5 м. Характеристики конструкции, а также климатические и экономические параметры, необходимые для расчета, представлены в таблице 1. Характеристики системы навесного вентилируемого фасада представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Характеристики исследуемого объекта

Параметр	Ед. изм.	Значение
Площадь изолируемой поверхности, A_{cm}	м ²	2 468,97
Толщина наружной стены, δ	м	0,5
Теплопроводность материала наружной стены слоя, λ	Вт/м·°С	0,7
Продолжительность отопительного периода, z_{ht}	с	15 811 200
Расчётная температура внутреннего воздуха, t_{int}	°С	20
Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности, a_{int}	Вт/м ² ·°С	8,7
Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности, a_{ext}	Вт/м ² ·°С	23
Средняя температура воздуха за отопительный период, t_{ext}^{cp}	°С	-0,6
Экономические параметры		
Номинальная ставка дисконтирования, E_n	год ⁻¹	0,1
Темп инфляции, a	год ⁻¹	0,06
Стоимость тепловой энергии, $c_{m.э.}$	руб/Гкал	1 534

Таблица 2 – Параметры системы навесного вентилируемого фасада

Параметр	Ед. изм.	Значение
Толщина теплоизоляционного слоя, δ_m	м	0,15
Теплопроводность теплоизоляционного слоя, λ_m	Вт/м·°С	0,056
Удельная стоимость теплоизоляционного материала, $c_{m.m.}$	руб/м ³	900
Толщина декоративного слоя, δ_d	м	0,03
Теплопроводность декоративного слоя, λ_d	Вт/м·°С	3,5
Толщина воздушной прослойки, δ_{np}	м	0,06
Удельная стоимость монтажных работ (с учётом декоративного слоя), c_m	руб/м ²	1 100
Срок службы, T_{cl}	лет	30

Как было сказано ранее теплопроводным включением в системах навесных фасадов с вентилируемой воздушной прослойкой является кронштейн с анкерным болтом, который служит для монтажа вертикальных и горизонтальных профилей. Анкерный болт выполнен из стали и имеет следующие параметры: диаметр \varnothing – 10 мм, длина l – 120 мм. Кронштейн П-образной формы выполнен из стали

и имеет следующие параметры: высота h – 210 мм (соответственно толщине теплоизоляционного слоя и толщине невяздушной прослойки), ширина b – 40 мм, толщина δ – 2 мм.

С помощью моделирования и расчета теплового потока на ЭВМ участка конструкции с теплопроводным включением были получены значения коэффициентов теплотехнической однородности для рассматриваемой ограждающей конструкции (таблица 3).

Таблица 3 – Коэффициенты однородности r (для кирпичной кладки с $\delta = 0,5$ м)

Кол-во кронштейнов на 1 м ²	Стальной кронштейн	Алюминиевый кронштейн
	210×40×2 мм с анкерным болтом 120×10 мм	210×40×2 мм с анкерным болтом 120×10 мм
2	0,93	0,9
3	0,89	0,85
4	0,86	0,81
5	0,83	0,78
6	0,79	0,74

На рис. 1 отображена зависимость коэффициента теплотехнической однородности от концентрации крепежных элементов на 1 м² ограждающей конструкции.

На рис. 2–4 отображены зависимости экономических параметров эффективности от степени однородности ограждающей конструкции, зависящей от концентрации крепежных элементов.

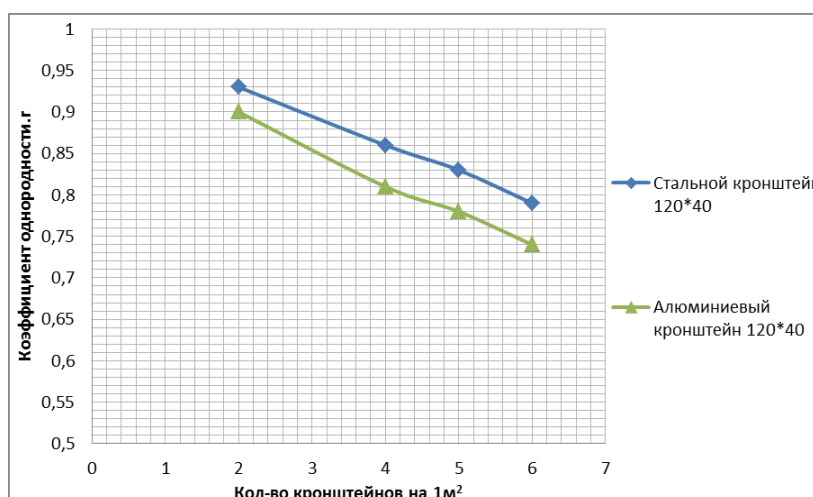


Рисунок 1 – Коэффициент однородности r .

ВЫВОДЫ

В результате исследования были получены данные, с помощью которых можно проанализировать зависимость эффективности ограждающих конструкций с навесным вентилируемым фасадом от характеристик и концентрации крепежных элементов. Как видно на рис. 1–4 увеличение концентрации крепежных элементов способствует ухудшению теплозащитных свойств ограждающей конструкции и снижению показателей эффективности на 5...25 %. Таким образом, существует необходимость детального проектирования навесного вентилируемого фасада с учетом указанного влияния, т. к. в обратном случае реальный экономический эффект от внедрения технологии может оказаться существенно ниже ожидаемого.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гагарин, В. Г. Учет теплотехнических неоднородностей при оценке теплозащиты ограждающих конструкций в России и европейских странах [Текст] / В. Г. Гагарин, К. А. Дмитриев // Строительные материалы. – 2013. – № 6. – С. 14–17.

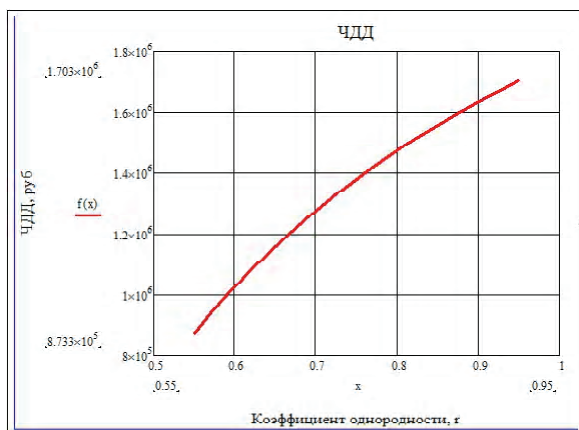


Рисунок 2 – Чистый дисконтированный доход.

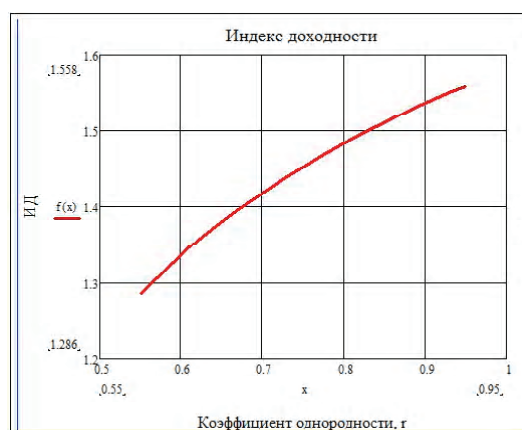


Рисунок 3 – Индекс доходности.

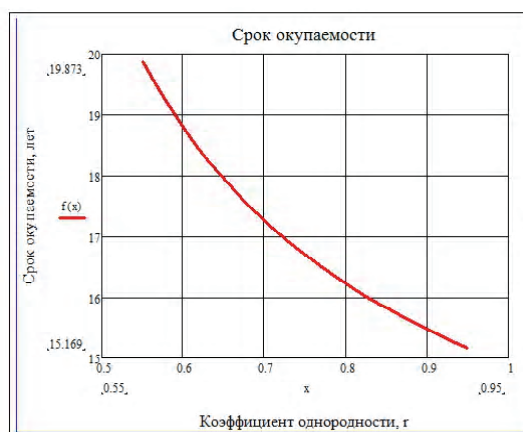


Рисунок 4 – Срок окупаемости.

- Гагарин, В. Г. Теплозащита фасадов с вентилируемым воздушным зазором [Текст] / В. Г. Гагарин, В. В. Козлов, Е. Ю. Цыкановский // АВОК. – 2004. – № 2. – С. 20–26.
- Овсянников, С. Н. Теплозащитные характеристики наружных стеновых конструкций с теплопроводными включениями [Текст] / С. Н. Овсянников, Т. О. Вязова // Строительные материалы. – 2013. – № 6. – С. 24–28.
- Протасевич, А. М. Классификация вентилируемых фасадных систем. Влияние теплопроводных включений на их теплозащитные характеристики [Текст] / А. М. Протасевич, А. Б. Крутилин // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – № 8(26). – С. 57–62.
- Богословский, В. Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха) [Текст] : уч. для вузов / В. Н. Богословский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. школа, 1982. – 415 с., ил.
- Туснина, О. А. Вычислительный комплекс TEPЛ для теплотехнического расчета строительных конструкций на основе решения задачи стационарной трехмерной теплопроводности [Текст] / О. А. Туснина // Научно-техническое творчество молодежи – путь к обществу, основанному на знаниях : сборник докладов V Международной научно-практической конференции (26–28 июня 2013, г. Москва) / Мин-во обр-ия и науки РФ, Правительство Москвы, Нац. исслед. Московский гос. строит. ун-т, Всероссийский Выставочный Центр ; отв. за выпуск: Т. И. Квитка. – М. : Московский государственный строительный университет, 2013. – С. 154–157.
- Езерский, В. А. Крепежный каркас вентилируемого фасада и температурное поле наружной стены [Текст] / В. А. Езерский, П. В. Монастырев // Жилищное строительство. – 2003. – № 10. – С. 15–18.
- Туснина, О. А. Теплотехнические свойства различных конструктивных систем навесных вентилируемых фасадов [Текст] / О. А. Туснина, А. А. Емельянов, В. М. Туснина // Инженерно-строительный журнал. – 2013. – № 8. – С. 54–88.
- Белоус, А. Н. Техничко-экономическое обоснование системы фасадного утепления зданий серии ИИ-04 [Текст] / А. Н. Белоус, Б. А. Новиков, О. Е. Белоус // Современное промышленное и гражданское строительство. 2017. – Том 13. – № 4. – С. 179–187.

10. Thermal analysis of a ventilated facade with PCM for cooling applications [Текст] / A. De Gracia, L. Navarro, A. Castell, A. Ruiz-Pardo, S. Alvarez, L. F. Cabeza // Energy Build. – 2013. – PP. 508–515
11. Domínguez, S. Towards energy demand reduction in social housing [Текст] / S. Domínguez, J. J. Sendra, A. L. León // Energies. – 2012. – № 5. – PP. 2263–2287.

Получено 10.01.2019

Д. В. КОПІЙКА

ТЕПЛОТЕХНІЧНА ОДНОРІДНІСТЬ НАВІСНИХ ФАСАДІВ З
ВЕНТИЛЬОВАНИМ ПОВІТРЯНИМ ПРОШАРКОМ ТА ЕКОНОМІЧНА
ЕФЕКТИВНІСТЬ

ДОУ ВПО «Донецький національний технічний університет»

Анотація. Навісний фасад з вентиляльованим повітряним прошарком – один з найбільш популярних та ефективних способів утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій. Однак монтаж навісного фасаду супроводжується використанням значної кількості кріпильних елементів, які являють собою теплопровідні включення, що погіршують теплові характеристики конструкцій. На ступінь однорідності впливають геометричні параметри та концентрація елементів на 1 м² конструкції. На сьогодні проведені дослідження, які дозволяють удосконалити методику теплотехнічного розрахунку навісних вентиляльованих фасадів та встановити ступінь впливу кріпильних елементів на теплотехнічну однорідність конструкції. Метою дослідження є визначення впливу кріпильних елементів на економічну ефективність навісних фасадів.

Ключові слова: вентиляльований фасад, коефіцієнт однорідності.

DENIS KOPEYKA

HEAT ENGINEERING UNIFORMITY OF VENTILATED FACADES AND
ECONOMIC EFFICIENCY

SEI of Higher Vocational Education «Donetsk National Technical University»

Abstract. Ventilated facade is one of the most popular and effective methods of heat insulation of building envelopes. But mounting of ventilated facade needs a large number of fixture elements that act like heat-conducting inclusions and impair the thermal parameters of the system. Geometrics and concentration of fixture elements influence on heat engineering uniformity of the construction. For today we have some studies, that give the ability to improve the method of heat engineering calculation of ventilated facade and determinate the influence of fixture elements on heat engineering uniformity. The main purpose of this study is the determination of fixture element's influence on the economic efficiency of ventilated facades.

Key words: ventilated facade, coefficient of heat engineering uniformity.

Копейка Денис Вадимович – аспірант кафедри промислової теплоенергетики ГОУ ВПО «Донецький національний технічний університет». Научні інтереси: ефективність використання теплоізоляційних матеріалів, енергосбереження в сфері утеплення огорожувальних конструкцій будівель.

Копійка Денис Вадимович – аспірант кафедри промислової теплоенергетики ДОУ ВПО «Донецький національний технічний університет». Наукові інтереси: ефективність використання теплоізоляційних матеріалів, енергозбереження у сфері утеплення огорожувальних конструкцій будівель.

Kopeyka Denis – post-graduate student, Industrial Heat Engineering Department, SEI of Higher Vocational Education «Donetsk National Technical University». Scientific interests: efficiency of using of heat insulation materials, energy saving in area of building envelope's heat insulation.

УДК 625.741:625.8

А. В. КАТЕРИНИНА, С. А. ТУМАНОВА, С. В. ЛАНТРАТОВ, В. Д. ЗАГОРСКИЙ, Д. И. БОРОДАЙ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ОПТИМАЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ГОРОДСКИХ УЛИЦ И ДОРОГ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ УСЛОВИЙ С ВЫСОКОЙ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ

Аннотация. В работе выполнен анализ проблемы недостаточного ресурса покрытий автомобильных дорог общего пользования и городских улиц, которые эксплуатируются в условиях с высокой интенсивностью движения транспортного потока. Предложены варианты конструкций дорожных одежд капитального типа под расчетную нагрузку 130 кН с использованием местных каменных материалов. Исследовано влияние количества приложений расчетной нагрузки на требуемую толщину конструктивных слоев дорожной одежды.

Ключевые слова: городские улицы, дороги общего пользования, дорожная одежда, основание, покрытие, местные каменные материалы.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Сеть автомобильных дорог общего пользования является важнейшей частью автотранспортного комплекса. Бесперебойное функционирование и развитие сети автомобильных дорог определяет эффективное устойчивое развитие многих отраслей промышленности, однако, требует значительного количества капитальных и эксплуатационных затрат. Это связано в первую очередь с малыми реальными сроками службы покрытий автомобильных дорог общего пользования, которые эксплуатируются в условиях постоянного роста нагрузок на ось транспортных средств. Расчетные нагрузки на ось тяжелых грузовых автомобилей и автопоездов нередко превышают 130 кН, в то время как большинство дорожных одежд дорог общего пользования были построены под расчетные нагрузки 60 и 100 кН [1].

Схожие проблемы с еще большими масштабами последствий можно наблюдать на городских, прежде всего магистральных улицах населенных пунктов. Последние исследования [2–9] свидетельствуют, что под воздействием транспортного потока высокой интенсивности в сложных условиях эксплуатации в пределах населенных пунктов (неоднородность грунтовых оснований, частые избыточные увлажнения дорожных одежд и их оснований из-за аварий на городских коммуникациях, интенсивное использование солей-антиобледенителей) дефекты покрытия образуются уже после 2–3 лет эксплуатации. К таковым дефектам, прежде всего, относят образование трещин и образование колея на полосах наката.

Современные проблемы недостаточного ресурса дорожных одежд требуют исследований как в области создания и применения новых дорожно-строительных материалов, так и в области конструирования и расчетов оптимальных конструкций дорожных одежд с заданным сроком службы, которые могут надежно эксплуатироваться в условиях интенсивного воздействия грузового транспортного потока.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью исследования является разработка оптимальных конструкций дорожных одежд нежесткого типа с использованием местных каменных материалов, которые смогут обеспечить нормативный

срок службы покрытия городских улиц и дорог общего пользования, которые эксплуатируются в условиях с высокой интенсивностью движения транспортного потока.

Задачами исследования является:

- конструирование дорожных одежд нежесткого типа с использованием местных каменных материалов для автомобильных дорог общего пользования и магистральных городских улиц;
- исследование зависимости требуемой толщины нижнего слоя основания дорожной одежды от количества приложения расчетной нагрузки 130 кН.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Конструирование и расчет дорожных одежд производился по стандартной методике в соответствии с требованиями СП 34.13330.2012 [10] и ОДН 218.046-01 [11]. Предложенные конструкции дорожных одежд были рассчитаны с использованием учебной версии программного комплекса IndorPavement [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Были запроектированы по 5 вариантов конструкции нежестких дорожных одежд для автомобильных дорог общего пользования и магистральных городских улиц под расчетную нагрузку на ось транспортного средства 130 кН (что соответствует грузовому транспортному потоку высокой интенсивности).

Во всех вариантах конструкции дорожной одежды конструкция покрытия принималась одинаковой, а в качестве нижнего слоя основания применялся золошлаковые смеси (I класса прочности), укрепленные портландцементом М-40. Отличие между вариантами заключалось в применяемых материалах нижнего слоя основания, в качестве которых принимались наиболее распространенные для территории Донбасса местные каменные материалы. Варианты конструкций дорожных одежд приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Конструкции дорожных одежд капитального типа под расчетную нагрузку на ось транспортного средства 130 кН

№ п/п	Часть дорожной одежды	Материал слоя	h, см
1	Верхний слой покрытия	Щебеночно-мастичный асфальтобетон ЦМА-15	5
2	Нижний слой покрытия	Асфальтобетон горячий плотный I марки мелкозернистый типа А на битуме БНД-60/90	8
3	Верхний слой основания	Асфальтобетон горячий пористый I марки крупнозернистый на битуме БНД-60/90	8
4	Нижний слой основания	Золошлаковые смеси (I класса прочности), укрепленные портландцементом М-40	х
5	Дополнительный слой основания	Гранитная дресва	30
		Отсев дробления известняка	
		Рядовой шлаковый щебень	
		Щебеночно-песчаная смесь С-5	
		Рядовой известняковый щебень	
6	Грунт земляного полотна	Суглинок легкий при $W_t = 0,61$; $E_{\text{впр}} = 72$ МПа, $\varphi = 24^\circ$, $c = 0,030$ МПа	–
		Суглинок тяжелый при $W_t = 0,75$; $E_{\text{впр}} = 86$ МПа, $\varphi = 26^\circ$, $c = 0,035$ МПа	
		Глина при $W_t = 0,52$; $E_{\text{впр}} = 94$ МПа, $\varphi = 28^\circ$, $c = 0,038$ МПа	

Для разработанных конструкций дорожных одежд было выполнено исследование зависимости требуемой толщины нижнего слоя основания дорожной одежды из золошлаковых смесей (I класса прочности), укрепленных портландцементом М-40, от количества приложений расчетной нагрузки 130 кН.

Расчет требуемой толщины нижнего слоя основания был выполнен для трех наиболее распространенных типов грунта земляного полотна для условий Донбасса в соответствии с [13] (табл. 2). Уровень вариации характеристик грунта определяет распространённость (вероятность применения) его на

рассматриваемой территории (уровень 1 – наиболее распространенный, уровень 3 – наименее распространенный).

Таблица 2 – Расчетные характеристики грунтов земляного полотна

Уровень вариации характеристик грунта	Грунт земляного полотна	Расчетная влажность грунта земляного полотна, доля от влажности на границе текучести, W	Расчетные характеристики грунта земляного полотна		
			Модуль упругости, E, МПа	Угол внутреннего трения ϕ , град.	Сцепление, C, МПа
1	суглинок легкий	0,61	72	24	0,030
2	суглинок тяжелый	0,75	86	26	0,035
3	глина	0,52	94	28	0,038

Количество приложений расчетной нагрузки 130 кН было принято в пределах от 1 до 3 млн. Результаты исследования приведены в табл. 3–5.

Таблица 3 – Требуемая минимальная толщина слоя из золошлаковых смесей, укрепленных портландцементом М-40, для уровня вариации характеристик грунта 1

Материал нижнего слоя основания	Толщина слоя из золошлаковых смесей (I класса прочности), укрепленных портландцементом М-40, см при расчетном количестве приложений нагрузки 130 кН				
	1 000 000	1 500 000	2 000 000	2 500 000	3 000 000
Гранитная дресва, h = 30 см	26	31	34	37	40
Отсев дробления известняка, h = 30 см	25	30	33	36	39
Рядовой шлаковый щебень, h = 30 см	21	25	28	30	33
Щебеночно-песчаная смесь С-5, h = 30 см	20	24	27	30	32
Рядовой известняковый щебень, h = 30 см	14	18	21	24	25

Таблица 4 – Требуемая минимальная толщина слоя из золошлаковых смесей, укрепленных портландцементом М-40, для уровня вариации характеристик грунта 2

Материал нижнего слоя основания	Толщина слоя из золошлаковых смесей (I класса прочности), укрепленных портландцементом М-40, см при расчетном количестве приложений нагрузки 130 кН				
	1 000 000	1 500 000	2 000 000	2 500 000	3 000 000
Гранитная дресва, h = 30 см	23	27	31	33	36
Отсев дробления известняка, h = 30 см	22	26	29	32	35
Рядовой шлаковый щебень, h = 30 см	17	21	24	26	28
Щебеночно-песчаная смесь С-5, h = 30 см	16	21	23	26	28
Рядовой известняковый щебень, h = 30 см	10	14	17	19	21

Таблица 5 – Требуемая минимальная толщина слоя из золошлаковых смесей, укрепленных портландцементом М-40, для уровня вариации характеристик грунта 3

Материал нижнего слоя основания	Толщина слоя из золошлаковых смесей (I класса прочности), укрепленных портландцементом М-40, см при расчетном количестве приложений нагрузки 130 кН				
	1 000 000	1 500 000	2 000 000	2 500 000	3 000 000
Гранитная дресва, h = 30 см	22	26	29	31	34
Отсев дробления известняка, h = 30 см	21	25	28	30	33
Рядовой шлаковый щебень, h = 30 см	15	19	22	24	26
Щебеночно-песчаная смесь С-5, h = 30 см	14	19	21	24	26
Рядовой известняковый щебень, h = 30 см	9	12	15	17	19

Результаты исследования, приведенные на таблицах 3–5, могут использоваться при предварительном назначении конструкций нежестких дорожных одежд капитального типа для автомобильных дорог общего пользования и магистральных городских улиц под расчетную нагрузку на ось транспортного средства 130 кН на стадии технико-экономического обоснования или проработки возможных вариантов на стадии проекта. Окончательно конструкция дорожной одежды может уточняться нормативным расчетом при заданных фактических характеристиках грунта земляного полотна, транспортного потока, расчетного срока службы, уровня надежности и других исходных данных.

ВЫВОДЫ

В работе предложены варианты конструкций нежестких дорожных одежд капитального типа под расчетную нагрузку на ось транспортного средства 130 кН (что соответствуют грузовому транспортному потоку высокой интенсивности). При проектировании дорожных одежд использованы местные каменные материалы и отходы промышленности Донбасса, позволяющие снизить капитальные затраты на устройство дорожных одежд при сохранении уровня надежности проектных решений. Исследовано влияние числа проездов расчетной нагрузки 130 кН в течение расчетного срока службы на необходимую толщину слоя основания из золошлаковых смесей (I класса прочности), укрепленных портландцементом М-40, что позволяет использовать результаты исследования при предварительном вариантном проектировании дорожных одежд для условий Донбасса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дорожная наука: Справочная энциклопедия дорожника (СЭД) [Текст] / А. П. Васильев, В. Д. Казарновский, В. П. Носов и др. ; Под ред. канд. техн. наук А. А. Надежко. – М. : ФГУП «ИНФОРМАВТОДОР», 2006. – 393 с.
2. Смирнова, Н. В. Визначення перспективної інтенсивності руху та розрахункового навантаження в задачах обґрунтування капітального ремонту [Електронний ресурс] / Н. В. Смирнова, Н. В. Павленко // Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництва». – 2017. – Випуск 100. – С. 21–27. – Режим доступу : http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/100/021-027.pdf.
3. Кузло, М. Т. Обґрунтування деформаційних показників асфальтобетонного покриття при реконструкції міської вулиці [Електронний ресурс] / М. Т. Кузло, М. В. Рижук // Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництва». – 2017. – Випуск 100. – С. 124–129. – Режим доступу : http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/100/124-129.pdf.
4. Солодкий, С. Й. Підвищення довговічності асфальтобетонних покриттів автомобільних доріг [Електронний ресурс] / С. Й. Солодкий, В. В. Смолянець // Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництва». 2017. – Випуск 101. – С. 22–32. – Режим доступу : http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/101/022-032.pdf.
5. Бондарев, Б. А. Пути повышения долговечности дорожных одежд городских автомобильных дорог [Электронный ресурс] / Б. А. Бондарев, П. В. Сошнин, А. Б. Бондарев // Новые материалы и технологии в машиностроении. – 2005. – № 4. – С. 28–29. – Режим доступа : https://elibrary.ru/download/elibrary_23877921_30818765.pdf.
6. Углова, Е. В. Разработка эффективных решений ремонта дорожной одежды на городских магистралях [Электронный ресурс] / Е. В. Углова, Д. С. Васильев // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». 2015. – № 2, ч. 2. – С. 80–87. – Режим доступа : https://elibrary.ru/download/elibrary_24132494_97055337.pdf.
7. Алексеева, Е. А. Обеспечение безопасности функционирования городских дорог с асфальтобетонным покрытием [Электронный ресурс] / Е. А. Алексеева // Вестник Псковского государственного университета. Серия Технические науки. – 2016. – № 3. – С. 90–94. – Режим доступа : https://elibrary.ru/download/elibrary_2712591-5_43638436.pdf.
8. Алексеева, Е. А. Учет особенностей содержания и ремонта городских дорог с асфальтобетонным покрытием для оценки и обеспечения безопасности их функционирования [Электронный ресурс] / Е. А. Алексеева // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – №2(61). – С. 195–199. – Режим доступа : https://elibrary.ru/download/elibrary_29434869_31000039.pdf.
9. Левкович, Т. И. О колееобразовании на асфальтобетонных покрытиях автомобильных дорог города Брянска и области [Электронный ресурс] / Т. И. Левкович, Т. П. Благодер, А. Е. Билько // Сохраняя прошлое, создаем будущее : сборник статей XIX Международной научно-практической конференции «Наука и образование» ; в 2 ч. – 2019. – С. 50–53. – Режим доступа : https://elibrary.ru/download/elibrary_36986076_62128426.pdf.
10. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги [Текст] : Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* ; введ. 2013-07-01. – М. : Госстрой России, 2012. – 103 с.
11. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд [Текст]. – Взамен ВСН 46-83 «Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа» ; введ. 2001-01-01. – М. : Информавтодор, 2001. – 143 с.
12. Перова, К. А. Система расчёта дорожных одежд IndorPavement : Руководство пользователя. [Текст] / К. А. Перова, А.В. Скворцов, Е.Е. Рукавишников. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 2009. – 218 с.

13. Каталог раціональних конструкцій дорожніх одягів для автомобільних доріг місцевого значення та під'їздів до населених пунктів [Текст] / Державна служба автомобільних доріг України. Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М. П. Шульгіна. – Київ : «Укравтодор», 2007. – 78 с.

Получено 10.01.2019

А. В. КАТЕРИНІНА, С. О. ТУМАНОВА, С. В. ЛАНТРАТОВ, В. Д. ЗАГОРСЬКИЙ,
Д. І. БОРОДАЙ
ОПТИМАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ МІСЬКИХ ВУЛИЦЬ І
ДОРІГ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ ДЛЯ УМОВ З ВИСОКОЮ
ІНТЕНСИВНІСТЮ РУХУ
ДОНБУСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Анотація. В роботі виконано аналіз проблеми недостатнього ресурсу покриттів автомобільних доріг загального користування та міських вулиць, які експлуатуються в умовах з високою інтенсивністю руху транспортного потоку. Запропоновано варіанти конструкцій дорожніх одягів капітального типу під розрахункове навантаження 130 кН з використанням місцевих кам'яних матеріалів. Досліджено вплив кількості додатків розрахункового навантаження на необхідну товщину конструктивних шарів дорожнього одягу.

Ключові слова: міські вулиці, дороги загального користування, дорожній одяг, основа, покриття, місцеві кам'яні матеріали.

ANASTASIA KATERINA, SVETLANA TUMANOVA, SERGEY LANTRATOV,
VLADISLAV ZAGORSKY, DENIS BORODAY
OPTIMUM PAVEMENT DESIGNS OF CITY STREETS AND PUBLIC ROADS FOR
HIGH TRAFFIC CONDITIONS
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The paper analyzes the problem of insufficient resource coverage of public roads and city streets, which are operated in conditions with high traffic flow intensity. Variants of pavement structures of the capital type for an estimated load of 130 kN using local stone materials are proposed. The influence of the number of applications of the design load on the required thickness of the structural layers of the pavement has been investigated.

Key words: city streets, public roads, road pavement, foundation, pavement, local stone materials.

Катеринина Анастасія Вячеславовна – магістрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование и конструирование дорожных одежд.

Туманова Светлана Александровна – магістрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование и конструирование дорожных одежд.

Лантратов Сергей Владимирович – магістрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование и конструирование дорожных одежд.

Загорский Владислав Дмитриевич – магістрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование и конструирование дорожных одежд.

Бородай Денис Игоревич – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: надежность и долговечность транспортных сооружений.

Катериніна Анастасія Вячеславівна – магістрант ГОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування і конструювання дорожніх одягів.

Туманова Світлана Олександрівна – магістрант ГОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування і конструювання дорожніх одягів.

Лантратов Сергій Володимирович – магістрант ГОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування і конструювання дорожніх одягів.

Загорський Владислав Дмитрович – магістрант ГОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування і конструювання дорожніх одягів.

Бородай Денис Ігорович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: надійність та довговічність транспортних споруд.

Katerinina Anastasia – Master's student, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: design and construction of road pavement.

Tumanova Svetlana – Master's student, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: design and construction of road pavement.

Lantratov Sergey – Master's student, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: design and construction of road pavement.

Zagorsky Vladislav – Master's student, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: design and construction of road pavement.

Boroday Denis – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: reliability and durability of transport constructions.

СОДЕРЖАНИЕ

БРАТЧУН В. И., ЯДЫКИНА В. В., БЕСПАЛОВ В. Л., РОМАСЮК Е. А., ДЕМЕШКИН В. П., ПШЕНИЧНЫХ О. А. О сдвигоустойчивости комплексно-модифицированных асфальтополимербетонов	5
БРАТЧУН В. И., РОМАСЮК Е. А., ЖЕВАНОВ В. В., КВАШУК А. В., СТОИЧЕВА Ю. М. Повышение деформационно-прочностных свойств холодных асфальтошлакобетонов	13
КОЧЕРГИН Ю. С., ЗОЛОТАРЕВА В. В., ШАТОХИНА Д. С. Эпоксидные композиты на основе диглицидиловых эфиров дифенилолметана	21
ЛОЙКО Д. П., КИБЗУН В. Н., НАГОРНАЯ Н. П. Влияние тепловых процессов на изменение эксплуатационных характеристик тканей с полимерным адгезивом	28
МАЛИНИНА З. З., ШЕВЧЕНКО О. Н., МАЛИНИН Ю. Ю. Определение физико-химических свойств бензилиденанилинов и их полимерных аналогов в органическом растворителе	36
САМОЙЛОВА Е. Э., ШПИЛЕВОЙ В. В. Повышение химстойкости полиэтиленовых материалов для упаковки и хранения материалов жидких ядохимикатов	43
ТРИНКЕР А. Б. Ресурсы для строительства	48
КИЦЕНКО Т. П., ЕГОРОВА Е. В., ИВАНЕНКО С. В. Жидкостекольные огнеупорные алюмосиликатные вяжущие на основе термоактивированного каолина и шамотно-каолиновой пыли	54
ТАШКИНОВ Ю. А. Моделирование сформированности прогностической компетенции инженера-строителя с использованием интеллектуальных систем	59
СОБОЛЕВ А. Ю., ПОКИНТЕЛИЦА Е. А. Эвтектические смеси как надежные теплоаккумулирующие материалы	64
ЛЕВЧЕНКО В. Н., КИРИЧЕНКО В. Ф., ЧИПИЖКО А. А., КРАВЧЕНКО Ю. А. Выбор строительных конструкций для сопоставления и условия их сравнимости	69
ЗАГОРОДНЯЯ А. В., ГРИЦУК А. И., МАРТЫНЮК И. В. Исследование динамики растворения дивинилстирольного блок-сополимера в углеводородном растворителе	75
СОХИНА С. И., МАКСИМОВ Н. Ю. Параметры микроструктуры сополимеров на основе стирола в синтезе полимеров с заданными свойствами	81
АЛЕКСАНДРОВ В. Д., СОБОЛЬ О. В., ФРОЛОВА С. А., ЩЕБЕТОВСКАЯ Н. В., ПОКИНТЕЛИЦА Е. А., МУКОНИНА Е. В., МАРЧЕНКОВА М. В. Термограммы плавкости как информационный источник для развития теории фракционирования сплавов	86
ЧАЙКА Л. В., ШЕЙХ А. А. Целесообразность использования прогоревшей породной массы как компонента сырья в производстве строительных материалов	96
ЕФРЕМОВ А. Н., НАЗАРОВА А. В., ВИШТОРСКИЙ Е. М., МАЛИНИН Д. Г. Пенобетонные смеси пониженного водосодержания с применением водоредуцирующих добавок	100
КОПЕЙКА Д. В. Теплотехническая однородность навесных вентилируемых фасадов и экономическая эффективность	107
КАТЕРИНИНА А. В., ТУМАНОВА С. А., ЛАНТРАТОВ С. В., ЗАГОРСКИЙ В. Д., БОРОДАЙ Д. И. Оптимальные конструкции дорожных одежд городских улиц и дорог общего пользования для условий с высокой интенсивностью движения	113

Статьи, публикуемые в журнале «Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры», размещены

- в российской информационно-аналитической системе –
Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)
- в электронно-библиотечной системе IPRbooks
- в информационно-поисковой системе Google Scholar.

ЗМІСТ

БРАТЧУН В. І., ЯДИКІНА В. В., БЕСПАЛОВ В. Л., РОМАНЮК Є. О., ДЕМЕШКІН В. П., ПШЕНИЧНИХ О. О. Про зсувостійкість комплексно-модифікованих асфальтополімербетонів	5
БРАТЧУН В. І., РОМАНЮК Є. О., ЖЕВАНОВ В. В., КВАШУК О. В., СТОГЧЕВА Ю. М. Підвищення деформаційно-міцнісних властивостей холодних асфальтошлакобетонів	13
КОЧЕРГІН Ю. С., ЗОЛОТАРЬОВА В. В., ШАТОХІНА Д. С. Епоксидні композити на основі дигліцидилових ефірів дифенілолметану	21
ЛОЙКО Д. П., КІБЗУН В. М., НАГОРНА Н. П. Вплив теплових процесів на зміну експлуатаційних характеристик тканин з полімерним адгезивом	28
МАЛІНІНА З. З., ШЕВЧЕНКО О. М., МАЛІНІН Ю. Ю. Визначення фізико-хімічних властивостей бензиліденанілінів та їх полімерних аналогів в органічному розчиннику	36
САМОЙЛОВА О. Е., ШПИЛЬОВИЙ В. В. Підвищення хімістійкості поліетиленових матеріалів для упаковки та зберігання матеріалів рідких отрутохімікатів	43
ТРІНКЕР О. Б. Ресурси для будівництва	48
КІЩЕНКО Т. П., ЄГОРОВА О. В., ІВАНЕНКО С. В. Рідкоскляні вогнетривкі алюмосилікатні в'язучі на основі термоактивованого каоліну і шамотно-каолінового пилу	54
ТАШКІНОВ Ю. А. Моделювання сформованості прогностичних компетенцій інженера-будівельника з використанням інтелектуальних систем	59
СОБОЛЄВ О. Ю., ПОКИНТЕЛИЦЯ О. А. Евтектичні суміші як надійні теплоаккумуляційні матеріали	64
ЛЕВЧЕНКО В. М., КИРИЧЕНКО В. Ф., ЧИПИЖКО О. О., КРАВЧЕНКО Ю. О. Вибір будівельних конструкцій для зіставлення і умови їх порівняності	69
ЗАГОРОДНЯ А. В., ГРИЦУК А. І., МАРТИНЮК І. В. Дослідження динаміки розчинення дивінілстирольного блок-сополімеру в вуглеводневому розчині	75
СОХІНА С. І., МАКСИМОВ М. Ю. Параметри мікроструктури співполімерів на основі стиролу в синтезі полімерів із заданими властивостями	81
АЛЕКСАНДРОВ В. Д., СОБОЛЬ О. В., ФРОЛОВА С. О., ЩЕБЕТОВСЬКА Н. В., ПОКИНТЕЛИЦЯ О. А., МУКОНІНА О. В., МАРЧЕНКОВА М. В. Термограми плавкості як інформаційне джерело для розвитку теорії фракціонування сплавів	86
ЧАЙКА Л. В., ШЕЙХ О. О. Доцільність використання прогорілої породної маси як компонента сировини у виробництві будівельних матеріалів	96
ЄФРЕМОВ О. М., НАЗАРОВА А. В., ВИШТОРСЬКИЙ Є. М., МАЛИНІН Д. Г. Пінобетонні суміші зниженого водовмісту із застосуванням водоредукуючих добавок	100
КОПІЙКА Д. В. Теплотехнічна однорідність навісних фасадів з вентиляльованим повітряним шаром та економічна ефективність	107
КАТЕРИНІНА А. В., ТУМАНОВА С. О., ЛАНТРАТОВ С. В., ЗАГОРСЬКИЙ В. Д., БОРОДАЙ Д. І. Оптимальні конструкції дорожнього одягу міських вулиць і доріг загального користування для умов з високою інтенсивністю руху	113

Статті, що публікуються у журналі «Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури», розміщені

- в російській інформаційно-аналітичній системі – Російський індекс наукового цитування (РІНЦ)
- в електронно-бібліотечній системі IPRbooks
- в інформаційно-пошуковій системі Google Scholar.

ISSN 2519-2817 online

CONTENTS

BRATCHUN VALERY, YADYKINA VALENTINA, BESPALOV VITALY, ROMASYUK EVGENY, DEMESCHKIN VALENTIN, PHENICHNIH OLEG. The Mobile Stability of Complex – Modified Asphalt Polymer Of Concrete	5
BRATCHUN VALERY, ROMASYUK EVGENY, ZHEVANOV VYACHESLAV, KVASHUK ALEXEY, STOICHEVA YULIA. Increase of Deformation and Strength Properties of Cold Asphalt Cinder Concrete	13
KOCHERGIN YURII, ZOLOTAREVA VICTORIA, SHATOHINA DARIA. Epoxy Composites Based on Diphenylolmethane Diglycidyl Ethers	21
LOIKO DMITRY, KIBZUN VALENTINA, NAGORNAYA NINA. The Effect of Thermal Processes on the Change of the Performance Characteristics of Fabrics with Polymeric Adhesive.	28
MALININA ZINAIDA, SHEVCHENKO OLGA, MALININ YURIY. Determination of Physical and Chemical Properties of Benzylidenanilines and Their Polymer Analogues in Organic Solvents	36
SAMOJLOVA HELEN, SHPILEVOJ VLAD. Improving the Chemical Resistance of Polyethylene Materials for Packaging and Storage of Materials of Liquid Potatic Chemicals	43
TRINKER ALEXANDER. Resources for Construction	48
KITSENKO TATYANA, YEGOROVA ELENA, IVANENKO SERGEY. Liquid-Glass Refractory Aluminosilicate Binders Based on Thermally Activated Kaolin and Chamotte-Kaolin Dust	54
TASHKINOV JURIY. Modeling the Formation of the Prognostic Competence of the Civil Engineer with Intelligent Systems	59
SOBOLEV ALEKSANDR, POKYNTELYTSIA OLENA. Eutectic Mixtures as Reliable Heat Accumulating Materials	64
LEVCHENKO VICTOR, KIRICHENKO VLADIMIR, CHIPIZHKO ALEKSANDR, KRAVCHENKO IURII. The Choice of Building Structures for Comparison and the Conditions of Their Comparability	69
ZAGORODNYAYA ANASTASIA, GRITSUK ANDREY, MARTYNYUK IRINA. Research of Dynamics of Disolution Divinyl – Styrene Block Copolymer in Hydrocarbon Solvent	75
SOKHINA SVITLANA, MAXIMOV NIKOLAY. The Microstructure of Copolymers Based on Styrene in the Synthesis of Polymers with Desired Properties	81
ALEKSANDROV VALERY, SOBOL OKSANA, FROLOVA SVETLANA, SHCHEBETOVSKAYA NATALIA, POKYNTELYTSIA OLENA, MUKONINA ELENA, MARCHENKOVA MARINA. The Thermograms of Fusion as a Source of Information for the Development of the Theory of the Fractionation of Alloys	86
CHAIKA LYUDMILA, SHEIKH ALEXANDRA. The Expediency of Using the Burned-Out Rock Mass as a Component of Raw Materials in the Production of Building Materials	96
YEFREMOV ALEXANDER, NAZAROVA ANTONINA, VISHTORSKIY EVGENY, MALININ DENIS. Foam Concrete Mixtures of Low Water Content with the use of Water-Reducing Additives	100
KOPEYKA DENIS. Heat Engineering Uniformity of Ventilated Facades and Economic Efficiency	107
KATERINA ANASTASIA, TUMANOVA SVETLANA, LANTRATOV SERGEY, ZAGORSKY VLADISLAV, BORODAY DENIS. Optimum Pavement Designs of City Streets and Public Roads for High Traffic Conditions	113

The articles published in journal «Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture» are indexed by:

- the Russian Information and Analytical System – Russian Science Citation Index (RSCI)
- the electronic-library system IPRbooks
- the search engine Google Scholar.