

УДК 678.6

**Л. В. Левиев, Н. Р. Прокопчук**

Белорусский государственный технологический университет

**ЛАКОКРАСОЧНЫЕ КОМПОЗИЦИИ  
ДЛЯ ХИМИЧЕСКИ СТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ**

Обоснован выбор компонентов и разработаны составы лакокрасочных композиций для химически стойких покрытий. В качестве олигомерной матрицы использовалась эпоксиноволакинолэфирная смола. Отверждение композиций осуществлялось гидропероксидом кумола в присутствии ускорителя – октоата кобальта и инициатора – N, N'-диметиланилина. Антикоррозионными наполнителями служили стеклянные чешуйки Glassflake; чешуйчатый кристаллический графит ГС-4; диоксид титана рутильной формы; технический углерод Evonik. Реологической добавкой являлся микронизированный гидрофобный диоксид кремния. Установлено, что из всех чешуйчатых наполнителей наименьшую проницаемость композитных пленок к воде и растворам  $H_2SO_4$  и NaOH обеспечивают стеклянные чешуйки толщиной 0,75–3,50 мкм. Выявлено, что максимальные защитные свойства покрытий по стали достигаются при трехслойном покрытии поверхности с толщиной каждого слоя 500 мкм. Доказана возможность эффективной защиты от коррозии стальных поверхностей в средах кислот, растворов солей, нефтепродуктов.

**Ключевые слова:** компоненты, лакокрасочные композиции, пленкообразователь, наполнители, отвердитель, химическая стойкость.

**L. V. Leviev, N. R. Prokopchuk**

Belarusian State Technological University

**CHEMICAL RESISTANT COATING COMPOSITIONS**

The choice of components has been substantiated. Compositions of paint and varnish for chemically resistant coatings have been developed. As an oligomeric matrix, an epoxy-novolacvinylether resin was used. Curing of the compositions was carried out with cumene hydroperoxide in the presence of an accelerator – cobalt octoate and an initiator – N, N'-dimethylaniline. As anti-corrosive additive components were used: glass flakes Glassflake; flake crystalline graph GS-4; rutile titanium dioxide; carbon black Evonik. As rheological additive micronized hydrophobic silicon dioxide was used. It was established that of all the flake fillers, glass flakes of 0.75–3.5  $\mu\text{m}$  thickness provide the least permeability of composite films to water and  $H_2SO_4$  and NaOH solutions. It was found that the maximum protective properties of coatings on steel are achieved with a three-layer coating of a surface with a thickness of each layer of 500  $\mu\text{m}$ . The possibility of effective protection against corrosion of steel surfaces in acid media, salt solutions, oil products is proved.

**Key words:** epoxy-novolacvinylether resin, coating compositions, filming agent, pigment extender, hardener, chemical resistance.

**Введение.** К защитным покрытиям стальных поверхностей от коррозии предъявляется ряд требований [1, 2]: высокая химическая стойкость к агрессивным средам компонентов лакокрасочных композиций; низкая проницаемость отвержденных на металле покрытий, обеспечиваемая чешуйчатыми частицами наполнителей, создающих барьеры для проникновения к металлу молекул окружающей среды; высокая адгезия покрытий к металлу, препятствующая проникновению химически активных веществ под покрытие, к защищаемой поверхности.

Ранее нами на основе анализа литературных и патентных данных обоснован выбор эпоксиноволакинолэфирной смолы в качестве пленкообразователя лакокрасочных композиций для химически стойких покрытий [3, 4]. Позже [5]

было изучено влияние стеклянных чешуек различной толщины на реологию и процесс отверждения создаваемых композиций.

Цель настоящей работы – определить наполнители, обеспечивающие наименьшую проницаемость агрессивных сред через покрытие; изучить стойкость созданных композитов в широком диапазоне агрессивных сред, в интервале температур 20–90°C.

**Методическая часть.** Для разработки лакокрасочных композиций использовались следующие компоненты.

*Связующее* – эпоксиноволакинолэфирная смола, получаемая компанией ASHLAND взаимодействием Бисфенола А и метакриловой кислоты [6] и имеющая следующую молекулярную структуру (рис. 1).

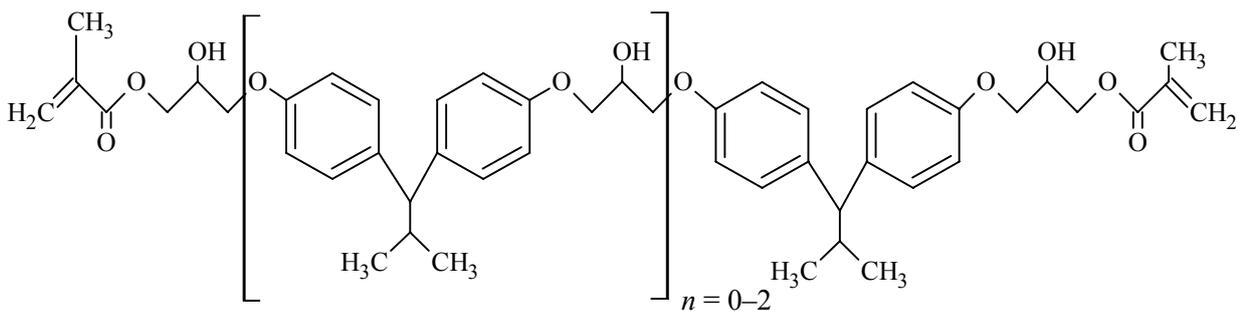


Рис. 1. Молекулярная структура эпоксинолаквинилэфирной смолы

**Наполнители:** стеклянные чешуйки производства компании Glassflake [7], имеющие состав: 64,6% SiO<sub>2</sub>; 4,1% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 13,4% CaO; 3,3% MgO; 9,6% Na<sub>2</sub>O · K<sub>2</sub>O; 4,7% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,9% BaO. Шифр и геометрические размеры чешуек представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Характеристики использованных  
стеклянных чешуек**

Шифр чешуек	Толщина чешуек	Средняя длина частиц, мкм
C1	80–120 нм	74
C2	200–300 нм	
C3	450–650 нм	
C4	750–900 нм	
C5	0,9–1,3 мкм	
C6	1,3–2,3 мкм	
C7	2,3–3,5 мкм	
C8	3,5–5,5 мкм	
C9	5,5–9,0 мкм	

**Алюмосиликатная слюда** – MICA производства компании Gunpatroy Private Limited [8] со свойствами: средняя длина частиц – 47 мкм; средняя их толщина – 7,2 нм; плотность – 2,82 г/см<sup>3</sup>; pH водной вытяжки – 6,9; твердость по Моосу – 2,5; содержание воды – 0,5%.

**Диоксид титана** рутильной формы производства компании Du Pont [9] с характеристиками: 90% TiO<sub>2</sub>; 3,3% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 5,5% аморфного SiO<sub>2</sub>; плотность – 3,9 г/см<sup>3</sup>; pH водной суспензии – 7,2; средний размер частиц – 0,5 мкм; маслосъемность – 18,7 г/100 г пигмента.

**Технический углерод** производства компании Evonik [10] с характеристиками: плотность – 2,15 г/см<sup>3</sup>; содержание пигмента – 23% мас.; содержание летучих – 40,8% мас.

**Реологическая добавка** – продукт компании Cabot Corporation – микронезированный пирогенный оксид кремния, обработанный диметилсилоксановой жидкостью, чрезвычайно гидрофобный, химически стойкий. Имеет следующие характеристики: средний размер частиц – 0,25 мкм; плотность 2,2 г/см<sup>3</sup>; удельная поверхность 115 м<sup>2</sup>/г.

**Промоутер адгезии** силановой природы, продукт компании DOW – винилбензилэтилендиаминпропилтриметоксисилана монохлорид [12].

**Пеногаситель и деаэрактор** – продукт компании ВУК [13] – раствор полимеров, не содержащих силикона, с характеристиками: плотность – 0,88 г/мл; показатель преломления – 1,507; содержание нелетучих – 38% мас.

**Активный (полимеризационноспособный) разбавитель** – стирол по ГОСТ 10003–90.

**Отвердитель** – продукт компании Akzo-Nobel [14] – 90%-ный раствор в ароматическом растворителе гидропероксида кумола (плотность 1,06 г/см<sup>3</sup>; динамическая вязкость 10,9 мПа·с).

**Ускорители отверждения** – сиккатив октоат кобальта и инициатор *N, N*-диметиланилин [15].

Комбинацией выбранных компонентов нами был оптимизирован базовый состав лакокрасочной композиции.

Смешивание, гомогенизация и диспергирование компонентов для проведения испытаний осуществлялись с помощью лабораторного диссольвера LD-200S (объем дежи 2,5 л).

Взвешивание ингредиентов осуществлялось на *лабораторных электронных весах* ( $d = 0,001$  г) с классом точности (II), в ряде случаев использовались аналитические весы АДВ-200.

Коэффициент сшивания  $\gamma$ , представляющий собой число сшитых мономерных звеньев, приходящихся на одну молекулу, определялся для олигомеров с наиболее вероятным молекулярно-массовым распределением сшиваемых макромолекул с  $M_w/M_n$  по уравнению

$$\gamma = 1 / (S + \sqrt{S}), \quad (1)$$

где  $S$  – содержание золь-фракции.

Содержание гель- и золь-фракции определялось путем экстрагирования образцов в кипящем толуоле с помощью аппарата Сокулета [16].

Прочность при сжатии определялась по BS 6319 Часть 2 [17]. Образцами являлись сформованные свободные пленки толщиной  $(500 \pm 5)$  мкм.

Паропроницаемость определялась по ГОСТ 25898–83 и ASTM E96 [18, 19]. Определение сопротивления паропроницанию лакокрасочных покрытий проводили на 6 образцах диаметром 100 мм. Сопротивление паропроницанию слоя лакокрасочного покрытия  $R$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$ , рассчитывали по формуле

$$R = R_2 - R_1, \quad (2)$$

где  $R_1$  – сопротивление паропроницанию образца материала без лакокрасочного покрытия,  $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$ ;  $R_2$  – суммарное сопротивление паропроницанию образца материала и нанесенного на него слоя лакокрасочного покрытия,  $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$ .

Стойкость к статическому воздействию жидкостью определялась по ГОСТ 9.40380 [20]. Образцами для испытаний являлись окрашенные пластины из листовой стали марки 08кп по ГОСТ 16523–97 [21], размером  $70 \times 150$  мм и толщиной 0,5–1,0 мм, толщина лакокрасочного покрытия ( $500 \pm 5$ ) мкм. Перед испытаниями покрытие выдерживали при температуре  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  и относительной влажности воздуха  $(65 \pm 5)\%$  в течение 5 сут. Затем образцы выдерживались в агрессивных средах. Коэффициент диффузии определялся по уравнению

$$D = 0,0494(\tau_0 / \delta^2), \quad (3)$$

где  $\tau_0$  – время, за которое произошло увеличение массы образца до  $M_{\text{max}} / 2$ , с;  $M_{\text{max}}$  – масса испытуемого образца при установившемся сорбционном равновесии, г;  $\delta$  – толщина образца, см.

Коэффициент сорбции вычислялся как

$$S = M_p / M_{\text{max}}, \quad (4)$$

где  $M_p = M_{\text{max}} - M$ ;  $M$  – масса испытуемого образца до первого погружения его в агрессивную среду.

Коэффициент проницаемости рассчитывался как

$$P = D \cdot S. \quad (5)$$

Исследование защитных свойств покрытий проводилось при помощи емкостно-омического метода с помощью измерителя импеданса LCR-819 фирмы Instek по ГОСТ 9.083–78 [22].

**Экспериментальная часть.** С учетом того, что антикоррозионные покрытия могут испытывать воздействие статических и динамических нагрузок, представлялось актуальным выявить значения показателей упруго-прочностных и деформационных свойств покрытий.

На рис. 2 показано влияние содержания чешуек различных размеров на кривых зависимости прочности чешуек на кривых зависимости наблюдается экстремум в области 10–20 мас. %, это позволяет судить о том, что при данных концентрациях наполнителя создаются благоприятные условия для эффективной диссипации напряжений, возникающих при сжатии образцов.

Данный эффект можно объяснить увеличением суммарной удельной поверхности наполнителя с повышением дисперсности, что приводит к обеднению полимерного слоя на поверхности стеклянных чешуек.

Сравнение значений прочности при сжатии в зависимости от дисперсности наполнителей позволило выявить, что с увеличением дисперсности чешуек наблюдается снижение прочности при прохождении через экстремум для материалов с чешуйками С4–С7. Это предположение подтверждается данными по содержанию гель-фракции и значениям коэффициента сшивания композитов.

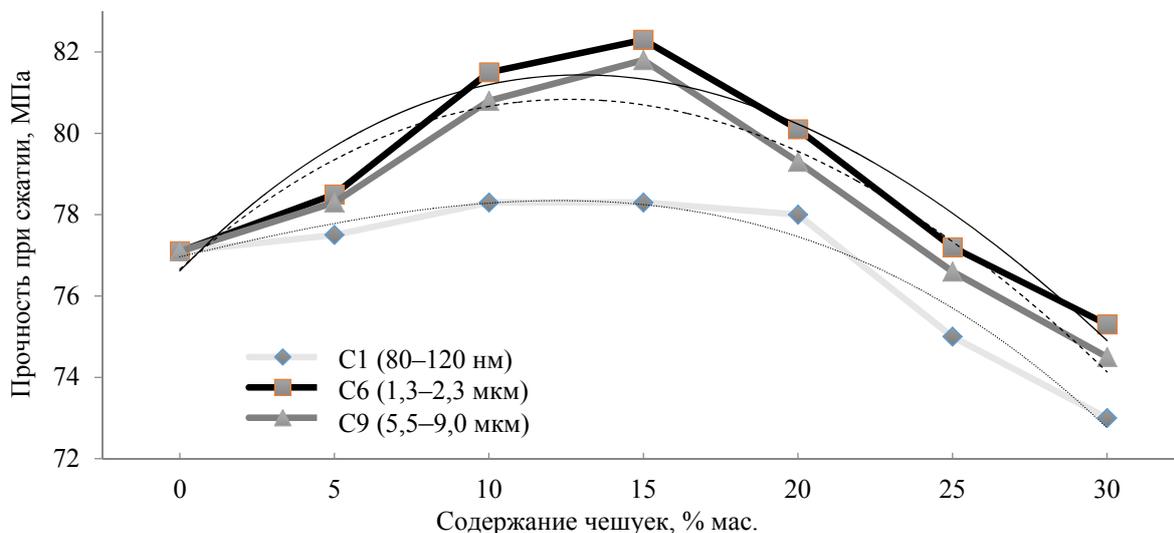


Рис. 2. Зависимость прочности при сжатии материала покрытия от содержания и размера стеклянных чешуек

Таблица 2

**Влияние количества чешуек шифра С6 на содержание золь- и гель-фракции и коэффициент сшивания (золь-гель анализ проводился после 7 сут отверждения)**

Показатель	Содержание чешуек, % мас.						
	0	5	10	15	20	25	30
Содержание гель фракции, %	94	95	96	97	95	90	88
Содержание золь фракции, %	6	5	4	3	5	10	12
Коэффициент сшивания	3,28	3,65	4,17	4,92	3,65	2,40	2,14

Максимум значений гель-фракции и коэффициента сшивания наблюдается для материалов, содержащих чешуйки С4–С7.

Увеличение содержания чешуек свыше 15% мас. приводит к снижению гель-фракции и коэффициента сшивания, по аналогии с изменением прочности при сжатии (табл. 2).

Снижение коэффициента сшивания (характеризующего количество мономерных звеньев, приходящихся на один узел разветвления полимерной сетки) при превышении указанного диапазона свидетельствует о концентрационном насыщении композиций. Известно [23, 24], что при взаимодействии полимеров с агрессивными средами протекают физические и химические процессы:

- адсорбция компонентов агрессивной среды на поверхности полимера;
- диффузия агрессивной среды в объем полимерного материала;
- химическое взаимодействие агрессивной среды с химически нестойкими связями или группами полимера;
- диффузия продуктов деструкции от защищаемого основания к поверхности полимера;
- десорбция продуктов деструкции с поверхности полимера в агрессивную среду.

Для сравнения эффективности действия различных пластинчатых наполнителей была исследована проницаемость полимерных пленок. Так как нами было показано, что при содержании чешуек в количестве 15% мас. достигаются оптимальные физико-механические показатели материалов, то использовалась данная концентрация наполнителей. При сравнении паропроницаемости полимерных пленок, наименьшие

значения были у материалов, содержащих стеклянные чешуйки вследствие их большего перекрытия. Паропроницаемость покрытий со стеклянными чешуйками шифра С9 в 1,5 раза меньше, чем покрытий с алюмосиликатной слюдой и графитом.

Исследование проницаемости жидких сред через свободные композитные пленки, содержащие различные наполнители (табл. 3), также показало, что существенно меньшую проницаемость обеспечивают стеклянные чешуйки.

При этом в дистиллированной воде, независимо от типа чешуйчатого наполнителя, материалы имеют менее высокую проницаемость, чем в серной кислоте и гидроксиде натрия. Высокие значения коэффициента проницаемости в гидроксиде натрия свидетельствуют об относительно невысокой стойкости материалов к данной среде.

В целом, эффект от использования стеклянных чешуек заключается в уменьшении площади, доступной для диффундирующего вещества, и в увеличении длины диффузионного пути. Это достигается тем, что стеклянные чешуйки имеют более совершенную, чем графит и слюда, форму пластинчатых чешуек, без микротрещин, расслоений, волокнистости и иных дефектов [25]. Применение стеклянных чешуек в составе покрытий на эпоксиноволакивинилэфирной смоле представляется более перспективным.

При использовании емкостно-омического метода для оценки защитных свойств покрытий обнаружено, что с увеличением толщины покрытия происходит менее выраженное снижение электрического сопротивления с ростом частоты тока (рис. 3).

Таблица 3

**Влияние чешуйчатых наполнителей на коэффициент проницаемости полимерных пленок (содержание наполнителей 15% мас.)**

Наполнитель	Коэффициент проницаемости · 10 <sup>8</sup> , г·см/(см <sup>2</sup> ·с)		
	Дистиллированная вода	5%-ный р-р H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5%-ный р-р NaOH
Алюмосиликатная слюда МСА	1,22	3,15	8,45
Графит марки ГС-4	1,24	3,34	8,63
Стеклянные чешуйки С-9	0,87	2,96	8,24

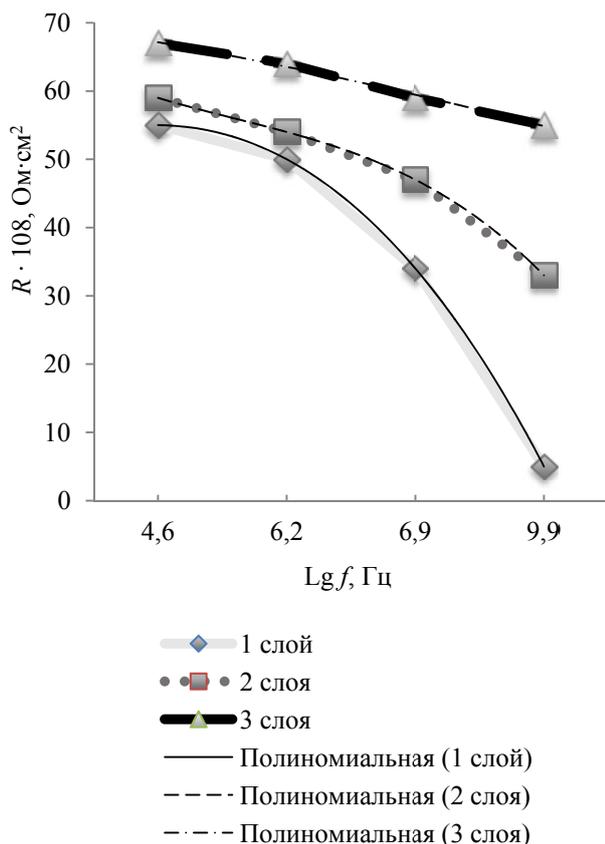


Рис. 3. Зависимость электрического сопротивления покрытия от частоты переменного тока после 362 сут экспозиции в 10%-ной серной кислоте

Это позволяет судить о повышении защитных характеристик с увеличением толщины покрытия, что может быть обусловлено как перекрыванием микродефектов, например микрокапилляров в покрытии, за счет его многослойного формирования, так и удлинением диффузионного пути вследствие увеличения толщины.

Установлено, что оптимальные защитные характеристики наблюдаются при трехслойном покрытии поверхности с толщиной каждого слоя 500 мкм. Дальнейший значимый роста защитных свойств с увеличением количества слоев не происходит, и поэтому оно экономически нецелесообразно.

Данные о стойкости разработанных композиционных пленок в агрессивных средах в широком интервале температур представлены в табл. 4.

Анализ данных таблицы позволяет сделать вывод о достаточно высокой агрессивностойкости покрытия, содержащего стеклянные чешуйки шифра С6 в количестве 15% мас. в среде кислот от малой до высокой концентрации при температуре агрессивных сред до 60°C, очень хорошей стойкости к большинству растворов солей в изученном температурном диапазоне, исключительной стойкости к действию нефти, хорошей маслостойкости к действию нефти, хорошей маслостойкости. Вместе с тем вследствие химической структуры полимерной матрицы покрытия являются нестойкими к действию щелочей и сильных полярных растворителей.

Таблица 4

Стойкость композитов в агрессивных средах (Класс химической стойкости: V1 – стойкое при погружении в среду; V2 – стойкое к проливам и парам; X – не стойкое) (содержание чешуек шифра С6 – 15% мас.)

Агрессивная среда	Температура, °С					
	0–40	40–50	50–60	60–70	70–80	80–90
Растворы кислот	Класс химической стойкости					
Азотная кислота – 5%	V1	V1	V1	X	X	X
Азотная кислота – 10%	V1	V1	V1	X	X	X
Азотная кислота – 25%	V1	V1	X	X	X	X
Азотная кислота – 40%	V2	V2	X	X	X	X
Азотная кислота – 60%	V2	V2	X	X	X	X
Азотная кислота – 70%	X	X	X	X	X	X
Серная кислота – 10%	V1	V1	V1	X	X	X
Серная кислота – 25%	V1	V1	V1	X	X	X
Серная кислота – 50%	V1	V1	V1	X	X	X
Серная кислота – 70%	V1	V1	X	X	X	X
Серная кислота – 75%	V1	V1	X	X	X	X
Серная кислота – 93-98%	V2	X	X	X	X	X
Хлористоводородная кислота – 10%	V1	V1	V1	X	X	X
Хлористоводородная кислота – 20%	V1	V1	X	X	X	X
Хлористоводородная кислота – 37%	V1	X	X	X	X	X
Ортофосфорная кислота – 20%	V1	V1	V1	X	X	X
Ортофосфорная кислота – 85%	V1	V1	V1	X	X	X
Уксусная кислота – 10%	V1	V1	V1	X	X	X
Уксусная кислота – 10–50%	V1	V1	V1	X	X	X
Уксусная кислота – 50–100%	V1	X	X	X	X	X

Продолжение табл. 4

Агрессивная среда	Температура, °С					
	0–40	40–50	50–60	60–70	70–80	80–90
<b>Растворы солей</b>						
Калия нитрат	V1	V1	V1	V1	V1	V1
Калия сульфат	V1	V1	V1	V1	V1	V1
Калия хлорид	V1	V1	V1	V1	V1	V1
Калия хлорид – 23%	V1	V1	V1	V1	V1	V1
Калия хлорид – конц.	V1	V1	V1	V1	V1	V1
Натрия нитрат	V1	V1	V1	V1	V1	V1
Натрия сульфат	V1	V1	V1	V1	V1	V1
Натрия хлорид	V1	V1	V1	V1	V1	V1
Натрия хлорид – 23%	V1	V1	V1	V1	V1	V1
Натрия хлорид – конц.	V1	V1	V1	V1	V1	V1
Алюминия нитрат	V1	V1	V1	X	X	X
Алюминия сульфат	V1	V1	V1	X	X	X
Алюминия хлорид	V1	V1	V1	X	X	X
<b>Топливо</b>						
Бензин	V1	V1	V1	V1	X	X
Авиакеросин	V1	V1	V1	V1	X	X
Дизель	V1	V1	V1	V1	X	X
Газохол (до 15% MeOH)	V1	V1	V1	V1	X	X
<b>Нефть</b>						
Малосернистая – до 0,60% H <sub>2</sub> S	V1	V1	V1	V1	V1	V1
Сернистая – от 0,61% до 1,80% H <sub>2</sub> S	V1	V1	V1	V1	V1	V1
Высокосернистая – от 1,81% до 3,50% H <sub>2</sub> S	V1	V1	V1	V1	V1	V1
Особо высокосернистая – свыше 3,51% H <sub>2</sub> S	V1	V1	V1	V1	V1	V1
<b>Масла</b>						
Минеральное – трансформаторное	V1	V1	V1	X	X	X
Животное – сливочное	V1	V1	V1	X	X	X
Растительные – пальмовое (подсолнечное)	V1	V1	V1	X	X	X
Моторное – синтетическое	V1	V1	V1	X	X	X
Гидравлическое – Skydrol	V1	X	X	X	X	X
Гексан	V1	V1	V1	X	X	X
Нитробензол	V1	X	X	X	X	X
п-Ксилол	V1	V1	X	X	X	X
Пропиленгликоль	V1	V1	V1	X	X	X
Стирол	V1	V1	X	X	X	X
Дибутилфталат	V1	V1	V1	X	X	X
Ацетон	V1	X	X	X	X	X
Тулуол	V1	X	X	X	X	X
<b>Спирты</b>						
Метанол	X	X	X	X	X	X
Этиловый спирт	V1	X	X	X	X	X
Бутанол	V1	V1	X	X	X	X
Изопропиловый спирт	V1	V1	X	X	X	X
<b>Поверхностно-активные вещества (ПАВ)</b>						
Аммония лаурил сульфат – 30%	V1	V1	X	X	X	X
Натрия лаурил сульфат – 20%	V1	V1	X	X	X	X
<b>Среды, к которым покрытия являются нестойкими</b>						
Метанол	X	X	X	X	X	X
Метилхлорид	X	X	X	X	X	X
Диоксин	X	X	X	X	X	X
Анилин	X	X	X	X	X	X
Ацетон – 100%	X	X	X	X	X	X
Диметилсульфоксид	X	X	X	X	X	X
Диметилформамид	X	X	X	X	X	X

Окончание табл. 4

Агрессивная среда	Температура, °С					
	0–40	40–50	50–60	60–70	70–80	80–90
Диметиламинопропиламин	X	X	X	X	X	X
Динитробензол	X	X	X	X	X	X
Динитротолуол	X	X	X	X	X	X
Изопропилацетат	X	X	X	X	X	X
Крезол	X	X	X	X	X	X
Метил-трет-бутиловый эфир	X	X	X	X	X	X
Метилэтилкетон	X	X	X	X	X	X
Метилхлорид	X	X	X	X	X	X
Натрия гидроксид – 10%	X	X	X	X	X	X
Натрия гипохлорид – 3%	X	X	X	X	X	X
Нитрометан	X	X	X	X	X	X
Тetraгидрофуран	X	X	X	X	X	X
Трихлорэтилен	X	X	X	X	X	X
Фосфора трихлорид	X	X	X	X	X	X
Этиларилат	X	X	X	X	X	X
Этилацетат	X	X	X	X	X	X
Фтористоводородная кислота – 1–10%	X	X	X	X	X	X

**Заключение.** Установлено, что на зависимостях прочности при сжатии покрытий от содержания стеклянных чешуек наблюдается максимум в области 15 мас. %. Стеклянные чешуйки шифров С4–С7 обеспечивают наилучшие свойства покрытий: наибольшие значения гель-фракции, коэффициента сшивания, прочности при сжатии; наилучшие значения коэффициента проницаемости композитных пленок для 5%-ных растворов  $H_2SO_4$  и  $NaOH$ .

Показано, что разработанные покрытия обладают хорошей стойкостью к кислотам, растворам солей, нефти и нефтепродуктам и достаточно стойки к действию сильных полярных растворителей и щелочей.

Выявлено, что максимальные защитные свойства покрытий по стали достигаются при трехслойном покрытии поверхности с толщиной каждого слоя 500 мкм.

### Литература

1. Брок Т., Гротэклаус М., Мишке П. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям. М.: ООО «Пейнт-Медиа», 2007. 548 с.
2. Фрейтаг В., Стойе Д. Краски, покрытия и растворители. СПб.: Профессия, 2007. 528 с.
3. Прокопчук Н. Р., Левиев Л. В. Антикоррозионные полимерные химстойкие покрытия на основе эпоксидных олигомеров (Обзор) // *Материалы, технологии, инструменты*. 2015. Т. 20, № 1. С. 43–49.
4. Левиев Л. В., Прокопчук Н. Р. Антикоррозионные покрытия повышенной химстойкости // *Труды БГТУ*. 2015. № 4: Химия, технология органических веществ и биотехнология. С. 134–138.
5. Левиев Л. В., Прокопчук Н. Р. Влияние стеклянных чешуек на реологию и отверждение композиций на основе эпоксиноволаквинилэфирной смолы // *Труды БГТУ*. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. 2018. № 1. С. 9–16.
6. Сайт компании-производителя связующего Ashland. URL: <http://www.ashland.com/> (дата обращения: 01.02.2018).
7. Сайт компании-производителя стеклянных чешуек Glassflake. URL: <http://www.glassflake.com> (дата обращения: 01.02.2018).
8. Сайт компании-производителя алюмосиликатной слюды MICA. URL: <http://grmica.com> (дата обращения: 01.02.2018).
9. Сайт компании-производителя диоксида титана Du Pont. URL: <http://www.dupont.ru/> (дата обращения: 01.02.2018).
10. Сайт компании-производителя технического углерода Evonik. URL: <http://corporate.evonik.ru> (дата обращения: 01.02.2018).
11. Сайт компании-производителя оксида кремния Cabot Corporation. URL: <http://www.cabotcorp.com> (дата обращения: 01.02.2018).
12. Сайт компании-производителя промолтера адгезии Dow. URL: <http://ru.dow.com> (дата обращения: 01.02.2018).

13. Сайт компании-производителя пеногасителя и дэаэрата BYK. URL: <http://www.byk.com> (дата обращения: 01.02.2018).
14. Сайт компании-производителя отвердителя AkzoNobel. URL: <http://www.akzonobel-polymerchemicals.com> (дата обращения: 01.02.2018).
15. Реактивы. N, N-диметиланилин. Технические условия: ГОСТ 5855–78. Введ. 01.01.1980. М.: Изд-во стандартов, 1998. 6 с.
16. Никитин Л. Н., Меринов И. Г., Саид-Галиев Э. Е. Применение формул зависимости коэффициента сшивания для случая произвольной полидисперсности полимера в статистической теории сеток // Механика композиционных материалов. 1990. № 3. С. 553–556.
17. BS 6319-2–1983ю Testing of resin and polymer/cement compositions for use in construction. Method for measurement of compressive strength. BSI Publ., 1983. 4 p.
18. Материалы и изделия строительные. Методы определения сопротивления паропроницанию: ГОСТ 25898–2012. Введ. 01.01.2014. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2014. 12 с.
19. ASTM E96/E96M–16. Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials. ASTM Publ. 2016. 14 p.
20. Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия лакокрасочные. Методы испытаний на стойкость к статическому воздействию жидкостей: ГОСТ 9.403–80 (СТ СЭВ 5260–85) (с Изменением № 1). Введ. 01.01.1980. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2002. 7 с.
21. Прокат тонколистовой из углеродистой стали качественной и обыкновенного качества общего назначения: ГОСТ 16523–97. Введ. 01.01.2000. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2002. 12 с.
22. Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия лакокрасочные. Методы ускоренных испытаний на долговечность в жидких агрессивных средах: ГОСТ 9.083–78 (с Изменениями № 1, 2). Введ. 01.01.1971. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1989. 56 с.
23. Коррозия строительных материалов: монография / В. Н. Вернигорова [и др.]. М.: Палеотип, 2007. 176 с.
24. Неверов А. С., Родченко Д. А., Цырлин М. И. Коррозия и защита металлов. Минск: Вышэйшая школа, 2007. 222 с.
25. Дриц В. А., Коссовская А. Г. Глинистые минералы: слюды, хлориты. М.: Наука, 1991. 176 с.

### References

1. Brok T., Groteklaus M., Mischke P. *Evropeyskoye rukovodstvo po lakokrasochnym materialam i pokrytiyam* [European coatings handbook]. Moscow, ООО “Paint-Media” Publ., 2007. 548 p.
2. Freytag V., Stoyye D. *Kraski, pokrytiya i rastvoriteli* [Paints, coatings and solvents]. St. Petersburg, Professiya Publ., 2007. 528 p.
3. Prokopchuk N. R., Leviev L. V. Anticorrosive polymeric chemically resistant coatings based on epoxy oligomers (Review). *Materials, tekhnologii, instrumenty* [Materials Technology Tools], 2015, vol. 20, no. 1, pp. 43–49 (In Russian).
4. Leviev L. V., Prokopchuk N. R. High chemical resistant anticorrosive coatings. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2015, no. 4: Chemistry, Organic Substances Technology and Biotechnology, pp. 134–138 (In Russian).
5. Leviev L. V., Prokopchuk N. R. *Vliyaniye steklyannykh cheshuek na reologiyu i otverzheniye kompozitsiy na osnove epoksinovolakvinilefirnoy smoly* [Influence of glass flakes addition on epoxy-novolacvinylether resin compositions rheology and curing]. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], Issue 2, Chemical Engineering, Biotechnologies, Geoecology, 2018, no. 1, pp. 9–16 (In Russian).
6. Website of the manufacturer of the binder Ashland Available at: <http://www.ashland.com> (accessed 02.01.2018).
7. Website of the manufacturer of glass flakes Glassflake. Available at: <http://www.glassflake.com> (accessed 02.01.2018).
8. Website of the manufacturer of aluminum silicate mica MICA. Available at: <http://grmica.com> (accessed 02.01.2018).
9. Website of the manufacturer of titanium dioxide Du Pont. Available at: <http://www.dupont.ru/> (accessed 02.01.2018).
10. Website of the manufacturer of carbon black Evonik. Available at: <http://corporate.evonik.ru> (accessed 02.01.2018).
11. Website of the manufacturer of the silicon dioxide Cabot Corporation. Available at: <http://www.cabotcorp.com> (accessed 02.01.2018).

12. Website of the manufacturer of the adhesion promoter Dow. Available at: <http://ru.dow.com> (accessed 02.01.2018).
13. Website of the manufacturer of the antifoaming and dearating additive BYK. Available at: <http://www.byk.com/> (accessed 02.01.2018).
14. Website of the manufacturer of the hardener AkzoNobel. Available at: <http://www.akzonobel-polymerchemicals.com/> (accessed 02.01.2018).
15. GOST 5855–78. Reagents. N,N-dimethylaniline. Specifications. Moscow, Standartinform Publ., 1998. 6 p. (In Russian).
16. Nikitin L. N., Merinov I. G., Said-Galiev E. Ye. Application of the formulas for the dependence of the cross-link coefficient for the case of arbitrary polydispersity of a polymer in the statistical theory of grids. *Mekhanika kompozitsionnykh materialov* [Mechanics of Composite Materials], 1990, no. 3, pp. 553–556 (In Russian).
17. BS 6319-2–1983. Testing of resin and polymer/cement compositions for use in construction. Method for measurement of compressive strength. BSI Publ., 1983. 4 p.
18. GOST 25898–2012. Building materials and products. Methods of steam-tightness determination. Moscow, Standartinform Publ, 2014. 12 p. (In Russian).
19. ASTM E96/E96M–16. Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials. ASTM Publ., 2016. 14 p.
20. GOST 9.403–80. Unified system of corrosion and ageing protection. Paint coatings. Test methods for resistance to liquid static effect. Moscow, Standartinform Publ, 2002. 7 p. (In Russian).
21. GOST 16523–97. Prokat tonkolistovoy iz uglerodistoy stali kachestvennoy i obyknovennogo kachestva obshchego naznacheniya [Rolled sheets from quality and ordinary carbon steel for general purposes. Specifications]. Moscow, Standartinform Publ, 2002. 12 p. (In Russian).
22. GOST 9.083–78. Unified system of corrosion and ageing protection. Paint coatings. Accelerated test methods for durability in liquid corrosive mediums. Moscow, Standartinform Publ, 1989. 56 p. (In Russian).
23. Vernigorova V. N., Korolev E. V., Eremkin A. I., Sokolova Iu. A. *Korroziya stroitel'nykh materialov. Monografiya* [Construction materials corrosion. Monography]. Moscow, Paleotip Publ., 2007. 176 p.
24. Neverov A. S., Rodchenko D. A., Tsyrlin M. I. *Korroziya i zashchita metallov* [Corrosion and protection of metals]. Minsk, Vysheyshaya shkola Publ., 2007. 222 p.
25. Drits V. A., Kossovskaya A. G. *Glinistyye mineraly: slyudy, khlority* [Clay minerals: mica, chlorites]. Moscow, Nauka Publ., 1991. 176 p.

### Информация об авторах

**Левиев Лев Владимирович** – аспирант кафедры полимерных композиционных материалов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: lev.leviev@akzonobel.com

**Прокопчук Николай Романович** – член-корреспондент НАН Беларуси, доктор химических наук, профессор, профессор кафедры полимерных композиционных материалов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: nrprok@gmail.com

### Information about the authors

**Leviev Lev Vladimirovich** – PhD student, the Department of Polymer Composite Materials. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: lev.leviev@akzonobel.com

**Prokopchuk Nikolay Romanovich** – Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, DSc (Chemistry), Professor, Professor, the Department of Polymer Composite Materials. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nrprok@gmail.com

Поступила 12.04.2018