

УДК 678.6

**Л. В. Левиев, Н. Р. Прокопчук**  
Белорусский государственный технологический университет  
**ВЛИЯНИЕ СТЕКЛЯННЫХ ЧЕШУЕК НА РЕОЛОГИЮ  
И ОТВЕРЖДЕНИЕ КОМПОЗИЦИЙ  
НА ОСНОВЕ ЭПОКСИНОВОЛАКВИНИЛЭФИРНОЙ СМОЛЫ**

Установлены закономерности влияния стеклянных чешуек на реологические свойства и процесс отверждения композиций, структуру материала покрытий. Показано, что с уменьшением размера частиц стеклянных чешуек наблюдается снижение индекса течения по линейному закону. При этом с увеличением объемной доли стеклянных чешуек в композициях линейный характер становится менее выраженным. Увеличение дисперсности чешуек и их содержания в композициях способствует увеличению скорости отверждения композиций. Получены температурные зависимости времен отверждения композиции, содержащей стеклянные чешуйки размером 2,3–2,5 мкм в количестве 20 мас. %. Исследовано распределение чешуек в материале покрытия по его толщине: с увеличением дисперсности частиц чешуек их плотность распределения возрастает от подложек к поверхности. Выявлено, что укладка чешуек происходит преимущественно вдоль поверхности покрытия.

**Ключевые слова:** эпоксиноволаквинилэфирная смола, стеклянные чешуйки, динамическая вязкость, индекс течения, время жизнеспособности, время отверждения.

**L. V. Leviev, N. R. Prokopchuk**  
Belarusian State Technological University  
**INFLUENCE OF GLASS FLAKES ADDITION  
ON EPOXYNOVOLACVINYLETHER RESIN COMPOSITIONS  
RHEOLOGY AND CURING**

The regularities of the effect of glass flakes on the rheological properties and the curing process of the compositions, the structure of the coating material, are established. It is shown that as the particle size of glass flakes decreases, the index of flow is reduced linearly. With the entrainment of the volume fraction of glass flakes in the compositions, the linear character becomes less pronounced. The increase in dispersity of flakes and their content in the compositions promotes an increase in the rate of curing of the compositions. Temperature dependences of the curing time of the composition containing glass flakes in the size of 2.3–2.5  $\mu\text{m}$  in an amount of 20% by weight are obtained. The distribution of flakes in the coating material is studied over its thickness: with increasing dispersity of the particles of the flakes, their distribution density increases from the substrates to the surface. It was found that the laying of flakes occurs mainly along the surface of the coating.

**Key words:** epoxy novolacvinylether resin, glass flakes, dynamic viscosity, flow index, viability time, curing time.

**Введение.** Современные лакокрасочные материалы (ЛКМ) для антикоррозионных покрытий являются сложными многокомпонентными системами [1], содержащими как моно-, так и полифункциональные ингредиенты. Важнейшим компонентом ЛКМ является полимерное связующее, от которого во многом зависят свойства покрытия. В предыдущих статьях [2, 3] нами аргументирован выбор эпоксиноволаквинилэфирной смолы для получения высокоэффективных агрессивостойких покрытий. Лакокрасочные материалы на основе этой смолы нашли применение для покрытий с высокой стойкостью к широкому диапазону кислот, щелочей, отбеливателей и растворителей. При этом материал покрытия обладает превосходной ударной вязкостью и усталостной прочностью.

Такие покрытия могут использоваться для защиты внутренних и внешних поверхностей емкостей хранения агрессивных сред, трубопроводов, а также систем водоподготовки и водочистки, эксплуатируемых внутри закрытых помещений. Кроме того, другой областью их применения являются интерьерные покрытия для защиты бетонных стен, перекрытий и металлических конструкций от воздействия промышленных сред химических и нефтехимических предприятий.

**Основная часть.** Целью данной работы являлось установление влияния антикоррозионной добавки (стеклянных чешуек) на реологические свойства и процесс отверждения лакокрасочных композиций на основе эпоксиноволаквинилэфирной смолы.

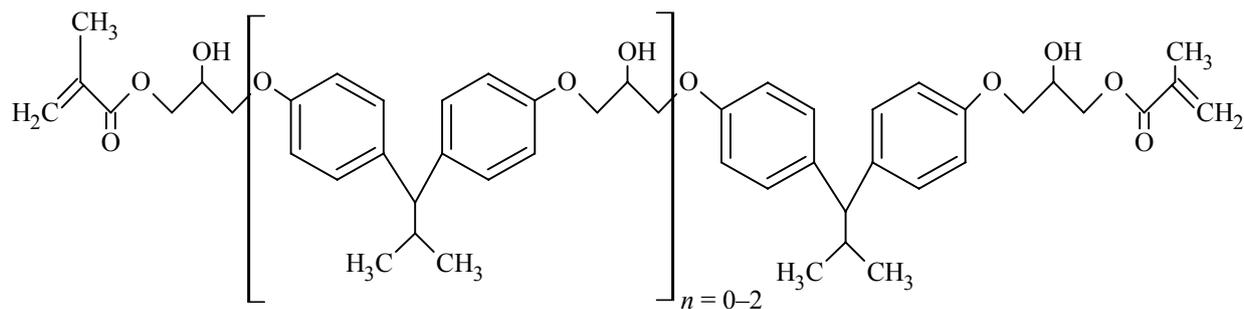


Рис. 1. Молекулярная структура эпоксиноволаквинилэфирной смолы

Для получения защитного покрытия в качестве полимерного связующего использовалась эпоксиноволаквинилэфирная смола производства компании ASHLAND, получаемая взаимодействием Бисфенола А и метакриловой кислоты. Ее молекулярная структура приведена на рис. 1.

Были выбраны стеклянные чешуйки производства компании Glassflake LTD, нашедшие применение для армирования волокон с целью придания им высокой химической стойкости. Состав чешуек следующий: 64,6%  $\text{SiO}_2$ , 4,1%  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ , 13,4%  $\text{CaO}$ , 3,3%  $\text{MgO}$ , 9,6%  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O}$ , 4,7%  $\text{B}_2\text{O}_3$  и 0,9%  $\text{BaO}$ . Размеры чешуек: С1 – 80–120 нм, С2 – 200–300 нм, С3 – 450–650 нм, С4 – 750–900 нм, С5 – 1,3–1,9 мкм, С6 – 1,3–2,3 мкм, С7 – 2,3–3,5 мкм, С8 – 3,5–5,5 мкм, С9 – 5,5–9 мкм.

Кроме того, в состав исследуемых композиций входили ингредиенты, представленные в табл. 1. Для пигментирования композиции и придания покрытию повышенных антикоррозионных свойств использовали диоксид титана рутильной формы производства компании DuPont. Характеристики диоксида титана: плотность – 3,9 г/см<sup>3</sup>; насыпной объем – 0,255 кг/л;

pH водной суспензии – 7,2; средний размер частиц – 0,5 мкм; маслосмкость – не более 18,7 г/100 г пигмента.

С целью повышения стойкости к агрессивным средам в составе композиций использовался химически стойкий пигмент, представляющий собой технический углерод производства компании Evonik плотностью 2,15 г/см<sup>3</sup> и содержанием пигмента 23 мас. %.

В качестве добавки, улучшающей реологические свойства композиций и повышающей агрессивностойкость покрытий, использовался продукт компании Cabot Corporation – микронизированный пирогенный диоксид кремния высокой чистоты, обработанный диметилсилоксановой жидкостью. Обработка делает диоксид кремния чрезвычайно гидрофобным. Его характеристики: удельная поверхность – 115 м<sup>2</sup>/г; насыпная плотность – 60 г/л; средний размер частиц – 0,2–0,3 мкм.

Отверждение композиций проводилось окислительно-восстановительной системой, включающей октоат кобальта (ТУ 2494-130-05015213-2006) и N,N-диметиланилин (ГОСТ 5855–78) [4]. Октоат кобальта использовался в виде 12%-ного раствора в стироле.

Таблица 1

Состав исследуемых композиций

Наименование компонента	Содержание компонентов, мас. %
Эпоксиноволаквинилэфирная смола	73,473
Диоксид титана	2,500
Химстойкий пигмент	0,085
12%-ный раствор октоата кобальта в стироле	0,120
N,N-диметиланилин	0,120
Промоутер адгезии силановый	0,200
Диаэратор / пеногаситель	0,100
Стирол	2,000
Стеклоклянные чешуйки микросфер	0,000–20,000
Микронизированный аморфный кремний	1,400
Глицерин ЧДА (99,5%)	0,001
20%-ный раствор ингибитора полимеризации	0,001

Для повышения уровня адгезионного взаимодействия покрытия с защищаемыми субстратами использовался силановый промоутер адгезии – продукт компании DOW винилбензилэтилендиаминпропил-триметоксисилана моногидрохлорид, получаемый в результате реакции винилбензилхлорида и этилендиаминопропилтриметоксисилана. Промоутер содержит винилбензильную, аминную органическую и триметоксисилильную неорганическую группы. Обладает активностью по отношению к органическим и неорганическим поверхностям (например, к стеклу), может взаимодействовать с функциональными группами органических полимеров. Нашел применение в качестве добавки к полимерам и для предварительной обработки органических поверхностей. Товарный продукт поставляется в виде раствора в метаноле. Свойства промоутера: плотность – 0,90 г/см<sup>3</sup>; молекулярная масса – 374,5 г/моль; содержание активного вещества – 40%.

В качестве ингредиента, одновременно выполняющего свойства пеногасителя и деаэратора, в композиции использовался продукт компании ВУК, представляющий собой раствор полимеров, не содержащих силикона.

Активным (полимеризационноспособным) разбавителем композиций являлся стирол по ГОСТ 10003–90 [5].

В качестве добавки, способствующей сохранению свойств эпоксинолаковинилэфирной смолы в процессе хранения готового лакокрасочного материала, использовался глицерин ЧДА (99,5%) по ГОСТ 6259–75 [6].

Для увеличения глубины превращения функциональных групп эпоксинолаковинилэфирной смолы использовался ингибитор полимеризации производства компании Eastman – моно-трет-бутилгидрохинон, хорошо зарекомендовавший себя в составе композиций для ненасыщенных полиэфиров.

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. Для приготовления композиций с массой более 500 г использовались электронные весы ( $d = 0,5$  г,  $e = 0,5$  г). Для взвешивания ингредиентов для опытно-промышленных партий применялись промышленные электронные платформенные весы.

Все эксперименты, за исключением особо указанных случаев, выполнялись при температуре  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ .

Кажущаяся вязкость композиций по Брукфильду определялась по ГОСТ 25271–93 (ИСО 2555–89) [7]. Для проведения испытаний использовался ротационный вискозиметр Брукфильда типа С, номер шпинделя 3 (для особо указанных случаев использовались другие шпиндели). Температура в измерительной ячейке с помощью ультратермостата поддерживалась  $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ . Вязкость рассчитывалась по формуле  $\eta = AKL/1000$ , где  $A$  – коэффициент, зависящий от типа аппарата, который для вискозиметра типа С составляет 8;  $K$  – коэффициент, зависящий от выбранного сочетания «скорость вращения – шпиндель»;  $L$  – среднее двух значений, полученных в шкале.

Определение времени и степени высыхания композиции проводилось по ГОСТ 19007–73 [8]. При этом пластинки для нанесения лакокрасочного материала подготавливали по ГОСТ 8832–76 (ИСО 1514–84) [9], а проба испытываемого материала отбиралась по ГОСТ 9980.2–86. Время и степень отверждения определялись при  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  и относительной влажности воздуха  $(65 \pm 5)\%$  на трех образцах на расстоянии не менее 20 мм от края образца после естественной или горячей сушки нанесенного слоя лакокрасочного материала. Пластинки со слоем лакокрасочного материала отверждались в условиях естественной сушки и выдерживались в горизонтальном положении в помещении, защищенном от пыли, сквозняка и прямого попадания солнечных лучей, при  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  и относительной влажности воздуха  $(65 \pm 5)\%$ , в течение 3 ч, затем проверялась степень отверждения.

Морфология поверхности образцов полимерных покрытий исследовалась с помощью оптического тринокулярного микроскопа МБИ-6 в отраженном свете. Микроскоп снабжался USB камерой марки TUCSEN 1.3 MP MICROSCOPE C-MOUNT DIGITAL VIDEO CAMERA, для обработки изображений использовалось стандартное программное обеспечение TSView7.

Известно множество способов нанесения ЛКМ на защищаемые подложки [10]. Для формирования покрытий с минимальным количеством дефектов важно иметь представление о реологических свойствах композиций и процессе их отверждения. Исследование влияния содержания стеклянных чешуек на вязкость композиций позволило установить, что с уменьшением размера частиц чешуек происходит более явное увеличение вязкости композиций с ростом доли чешуек (рис. 2).

Обнаружено, что с увеличением содержания чешуек в композициях происходит снижение индекса течения (рис. 3). При этом для композиций, наполненных чешуйками с меньшим размером частиц, усиление тиксотропных

свойств проявляется более явно. Это может объясняться снижением молекулярной подвижности в композициях, обусловленным усилением физико-химических взаимодействий между реакционноспособными центрами эпоксинолаковинилэфирной смолы и стеклянных чешуек.

Если для композиций, включающих чешуйки типов С9–С7, характерна линейная

зависимость индекса течения от содержания, то с повышением дисперсности чешуек (в ряду типов С7–С1) наблюдается отклонение от линейного закона. Для более ясной картины зависимости индекса течения от дисперсности чешуек на рис. 4 представлена зависимость для содержания чешуек в композиции 10, 20, 30 мас. %.

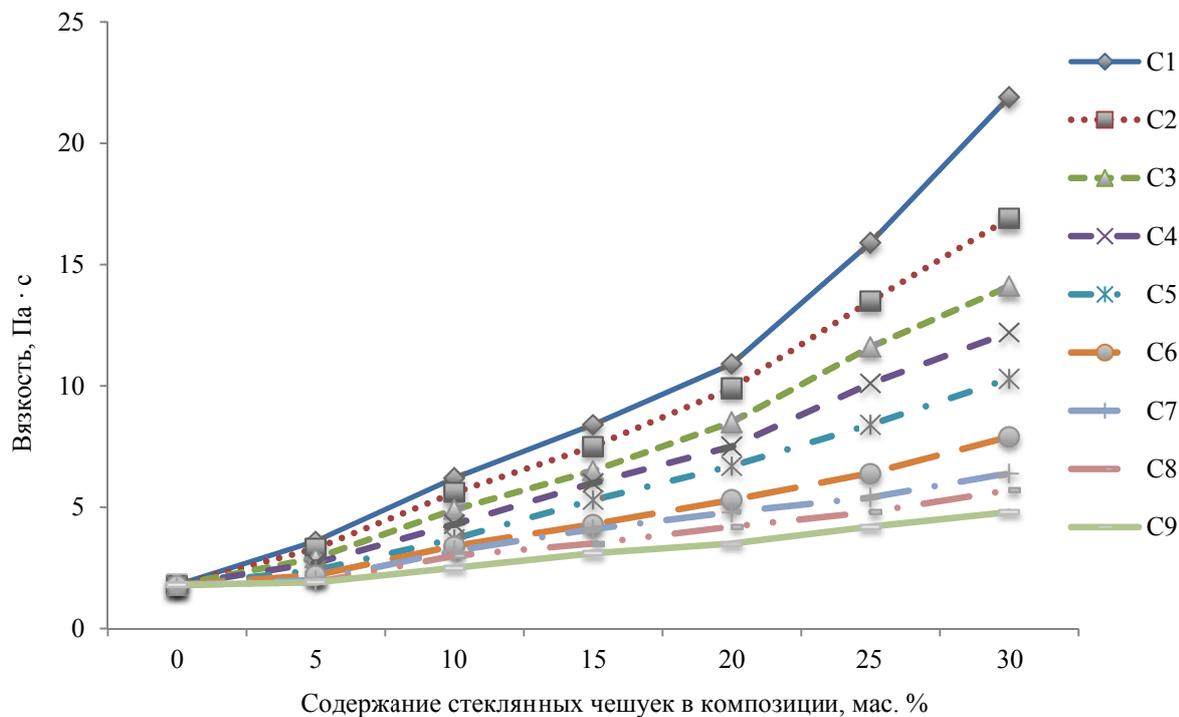


Рис. 2. Зависимость динамической вязкости композиций от содержания стеклянных чешуек (скорость сдвига  $100 \text{ с}^{-1}$ )

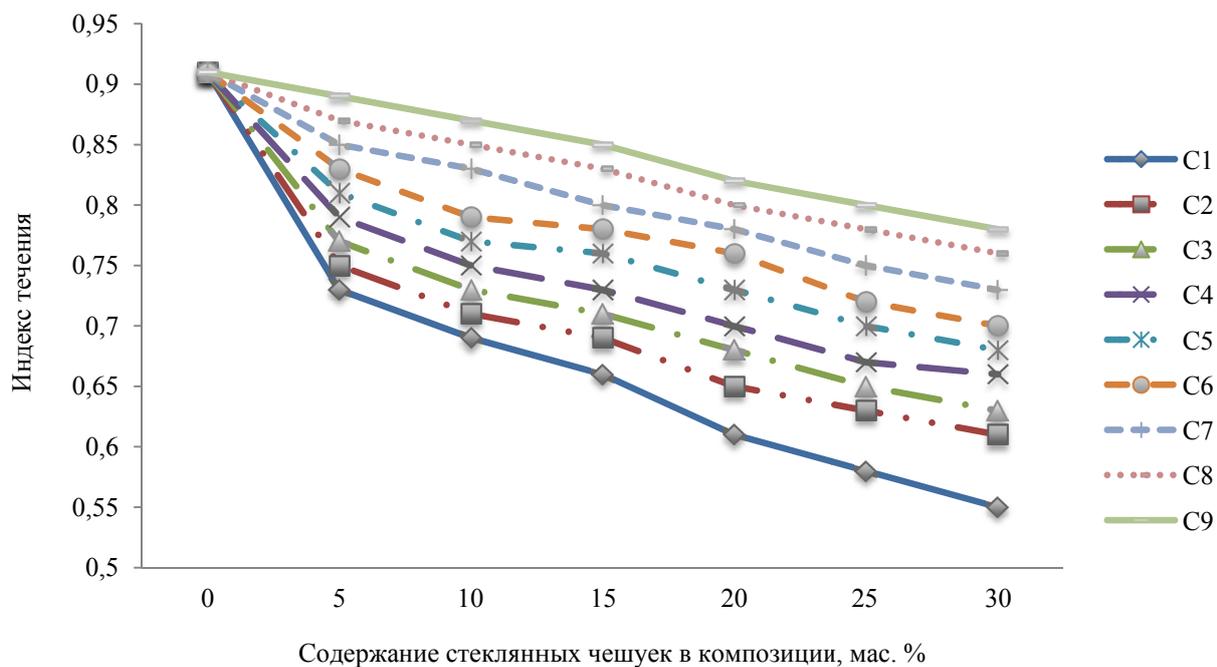


Рис. 3. Зависимость индекса течения композиций от содержания стеклянных чешуек

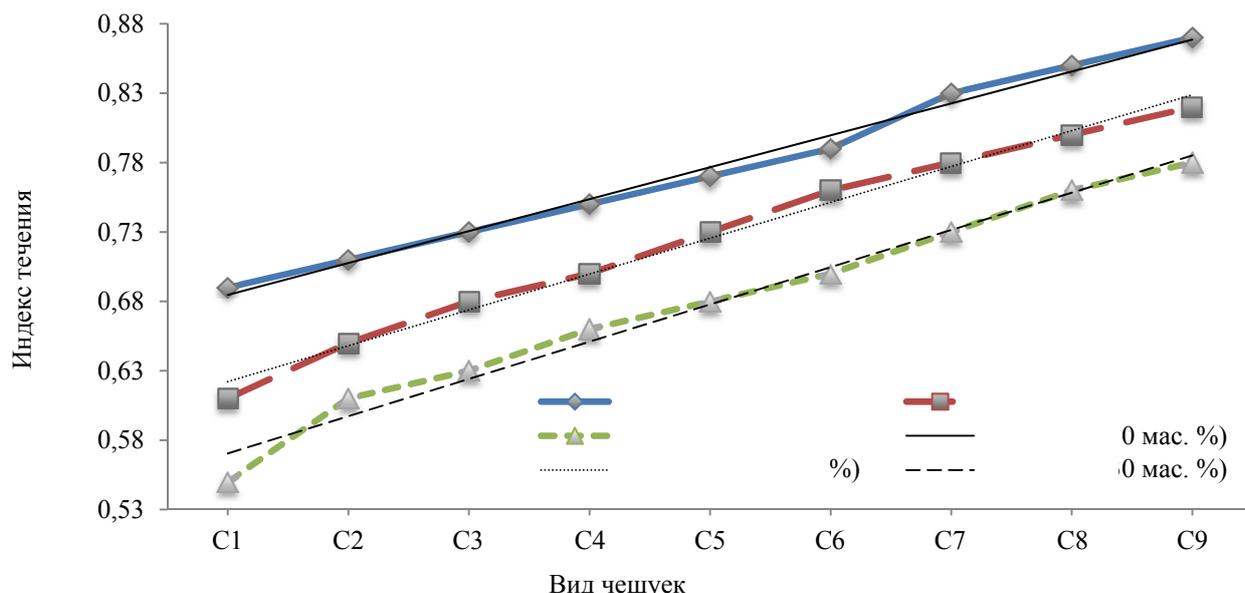


Рис. 4. Зависимость индекса течения композиций от содержания стеклянных чешуек

Из графика видно, что с ростом дисперсности и содержания чешуек в композициях наблюдается более явное отклонение от линии тренда, это позволяет судить о том, что при этих условиях происходит усиление физико-химического взаимодействия между стеклянным наполнителем и связующим.

Для оценки технологичности используемой композиции было определено время жизнеспособности (табл. 2). Установлено, что композиция сохраняет приемлемую жизнеспособность, позволяющую нанести покрытие с помощью кисти, валика, безвоздушным распылением и т. п., до температур, не превышающих 40°C. Более высокие температуры существенно снижают жизнеспособность композиций, что объясняется полимеризационным механизмом отверждения, сопровождаемым интенсивным тепловыделением. При этом, существенное влияние на жизнеспособность композиций оказывает размер частиц

наполнителя. Так, с ростом толщины стеклянных чешуек наблюдается снижение времени жизнеспособности композиций. Выявлено, что чешуйки C1–C4 целесообразно использовать только для получения быстроотверждаемых составов.

В табл. 3 представлено влияние температуры на формирование пленки лакокрасочного покрытия. С ростом температуры наблюдается ожидаемое снижение времени, необходимого для отверждения композиции. При этом, в интервале температур 14–30°C, скорость пленкообразования несущественно зависит от температуры. Отмечено, что минимальная температура для формирования пленки не должна быть ниже +5°C, а для полного отверждения покрытия требуемая температура выше +15°C. С ростом температуры закономерно снижается время, необходимое для нанесения следующего слоя, и время, в течение которого при нанесении следующего слоя обеспечивается достаточная межслойная адгезия.

Таблица 2

**Зависимость времени жизнеспособности композиций от температуры**

Температура, °C (±1°C)	Время жизнеспособности композиций, содержащих чешуйки C1–C9, мин								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
0	65	65	70	70	75	75	80	90	100
5	65	60	65	65	70	70	70	80	90
10	60	60	60	60	60	60	60	60	70
15	55	55	60	60	60	60	60	60	70
20	50	50	50	50	50	50	55	55	60
25	40	40	40	40	40	40	45	45	55
30	30	35	40	40	40	40	45	45	50
35	25	35	40	40	40	40	45	45	50
40	25	30	35	35	35	40	45	45	45
45	20	25	30	30	30	35	35	35	35
50	10	15	20	20	20	25	30	35	35

Таблица 3  
**Параметры процесса отверждения композиции,  
 содержащей стеклянные чешуйки С7  
 в количестве 20 мас. %**

Температура, °C (±1°C)	Время отверждения до отгипа, ч	Время отверждения до твердой пленки, ч	Минимальное время, которое необходимо для нанесения следующего слоя*, ч	Максимальное время, в течение которого при нанесении следующего слоя обеспечивается достаточная межслойная адгезия**, ч
0	15	36	12	144
5	7	8	8	96
10	5	6	6	72
15	4	5	5	72
20	4	5	5	48
25	4	5	5	48
30	4	5	5	24
35	4	5	5	24
40	3	4	5	24
45	3	4	4	12
50	2	3	4	12

\* Время, через которое не происходит повреждение низлежащего слоя при нанесении следующего, т. е. он набрал минимальную прочность.

\*\* После истечения максимального интервала, перед нанесением следующего слоя требуется механическая подготовка поверхности, например, придание ей шероховатости.

С практической точки зрения важнейшим параметром является время ввода покрытия в эксплуатацию, т. е. время, за которое происходит набор основных свойств покрытия при определенной температуре: 10°C – 72 ч; 15°C – 72; 25°C – 48 ч; 35°C – 24 ч; 40°C – 12 ч.

Очевидно, что время, необходимое для набора основных свойств покрытия, не превышает допустимые значения для современных высокоэффективных лакокрасочных материалов [1].

При исследовании структуры отвержденных материалов установлено, что укладка чешуек происходит преимущественно вдоль поверхности (рис. 5).

Плотность распределения чешуек от поверхностного слоя к подложке, на которую наносилось покрытие, существенно не изменяется (табл. 4).

Небольшое увеличение плотности распределения наблюдается для слоев, прилегающих к подложке. Увеличение плотности проявляется тем сильнее, чем больше размер частиц чешуек, это позволяет судить о том, что данный эффект обусловлен гравитационными силами. С увеличением дисперсности чешуек наблюдается обратное явление, в поверхностном слое плотность распределения выше, что связано с тем, что в условиях отверждения осаждение высокодисперсных легких чешуек не успевает произойти.

Срез сделан перпендикулярно подложке. 100 мкм – длина чешуек. 1,3–9,0 мкм – их толщина.

Зернистые образования – пигменты.

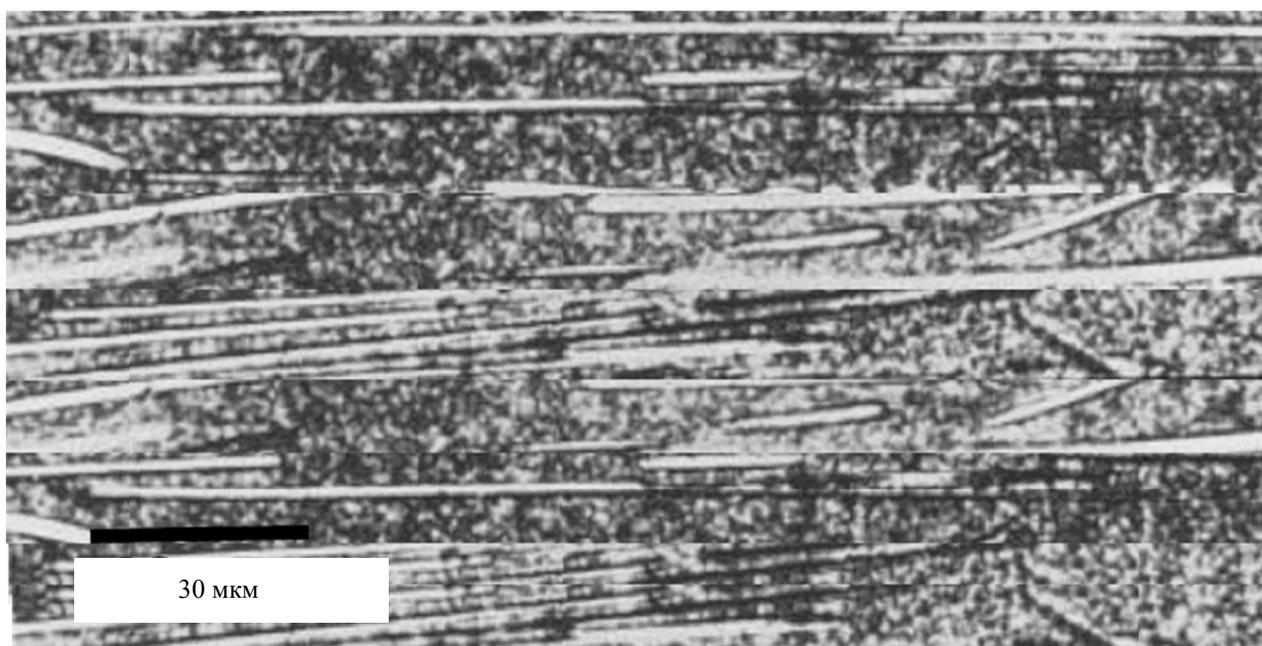


Рис. 5. Микрофотографии среза покрытия, наполненного чешуйками типа С7

Таблица 4

## Распределение стеклянных чешуек по толщине покрытия

Толщина покрытия, мкм (направление от подложки к поверхностному слою)	Толщина чешуек								
	80–120 нм	200–300 нм	450–650 нм	750–900 нм	1,3–0,9 мкм	2,3–1,3 мкм	3,5–2,3 мкм	5,5–3,5 мкм	9,0–5,5 мкм
	Тип чешуек								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
	Распределение чешуек по процентному содержанию, %								
100	18	19	19	20	22	22	22	23	25
200	19	19	20	20	20	20	21	22	23
300	20	20	20	21	20	20	20	22	21
400	20	20	20	20	19	20	19	18	18
500	23	22	21	19	19	18	18	15	13
Общая толщина	100	100	100	100	100	100	100	100	100

**Заключение.** Таким образом, установлено влияние содержания и размера стеклянных чешуек на реологические свойства и процесс отверждения композиций, структуру материала покрытий. Показано, что с уменьшением размера частиц стеклянных чешуек с 5,5–9 мкм до 0,08–0,12 мкм наблюдается снижение индекса течения по линейному закону с 0,78–0,87 до 0,55–0,69 в зависимости от их содержания. При этом с увеличением доли стеклянных чешуек с 10 до 30 мас. % в композициях линейный характер становится менее выраженным. Для

композиций, наполненных чешуйками с меньшим размером частиц, усиление тиксотропных свойств проявляется более явно. Увеличение дисперсности чешуек и их содержания в композициях способствует увеличению скорости отверждения композиций. Выявлено, что чешуйки размером от 80–120 нм до 750–900 нм целесообразно использовать только для получения быстроотверждаемых составов. Исследовано распределение чешуек в материале покрытия. Укладка чешуек происходит преимущественно вдоль поверхности.

## Литература

1. Фрейтаг В., Стойе Д. Краски, покрытия и растворители СПб.: Профессия. 2007. 528 с.
2. 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.
3. Левиев Л. В., Прокопчук Н. Р. Антикоррозионные покрытия повышенной химстойкости // Труды БГТУ. 2015. № 4. С. 134–138.
4. Реактивы. N,N-диметиланилин. Технические условия: ГОСТ 5855–78. Введ. 01.01.1980. М.: Издательство стандартов, 1998. 6 с.
5. Стирол. Технические условия (с изменениями № 1, 2): ГОСТ 10003–90. Введ. 30.06.1991. М.: Издательство стандартов, 1998. 21 с.
6. Глицерин. Технические условия (с изменениями № 1, 2): ГОСТ 6259–75. Введ. 01.01.1976. М.: Издательство стандартов, 2001. 6 с.
7. Пластмассы. Смолы жидкие, эмульсии или дисперсии. Определение кажущейся вязкости по Брукфильду: ГОСТ 25271–93 (ИСО 2555–89). Введ. 01.01.1995. М.: Издательство стандартов, 1998. 6 с.
8. Материалы лакокрасочные. Метод определения времени и степени высыхания (с изменениями № 1, 2): ГОСТ 19007–73. Введ. 30.06.1974. М.: Издательство стандартов, 2003. 6 с.
9. Материалы лакокрасочные. Методы получения лакокрасочного покрытия для испытания (с изменениями № 1, 2, 3): ГОСТ 8832–76 (ИСО 1514–84). Введ. 01.01.1977. М.: Издательство стандартов, 2003. 13 с.
10. Дринберг А. Я., Снедзе А. А., Тихомиров А. В. Технология лакокрасочных покрытий. М.-Л.: Госхимиздат. 1951. 528 с.

## References

1. Freytag V., Stoye D. *Kraski, pokrytiya i rastvoriteli* [Paints, coatings and solvents]. St. Petersburg, Professiya Publ., 2007. 528 p.

2. Prokopchuk N. R., Leviev L. V. Anticorrosive polymeric chemically resistant coatings based on epoxy oligomers (Review). *Materialy, tekhnologii, instrumenty* [Materials Technology Tools], 2015, vol. 20, no. 1, pp. 43–49 (In Russian).
3. Leviev L. V., Prokopchuk N. R. Increased chemical resistance anticorrosive coatings. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2015, no. 4, pp. 134–138 (In Russian).
4. GOST 5855–78. Reagents. N,N-dimethylaniline. Specifications. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1998. 6 p. (In Russian)
5. GOST 10003–90 Styrene. Specifications (with changes no. 1, 2). Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 2015. 21 p. (In Russian)
6. GOST 6259–75 Reagents. Glycerin. Specifications (with changes no. 1, 2). Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 2001. 6 p. (In Russian)
7. GOST 25271–93 (ISO 2555-89) Plastics. Resins in the liquid state or as emulsions or dispersions. Determination of apparent viscosity by the Brookfield method. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1998. 6 p. (In Russian)
8. GOST 19007–73. Paintwork materials. Method for determination of drying time and degree (with changes no. 1, 2). Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 2003. 6 p. (In Russian)
9. GOST 8832–76 (ISO 1514–84) Paintwork materials. Methods for formation of paint coating for testing (with changes no. 1, 2, 3). Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 2003. 13 p. (In Russian)
10. Drinberg A. Ya., Snedze A. A., Tikhomirov A. V. *Tekhnologiya lakokrasochnykh pokrytiy* [Paintwork coatings technology]. Moscow-Leningrad, Goskhimizdat Publ., 1951, 528 p.

#### Информация об авторах

**Левиев Лев Владимирович** – аспирант кафедры полимерных и 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 и 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** – graduate 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 Nikolai 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 02.10.2017