

Журнал прикладной химии. 2021. Т. 94. Вып. 6

УДК 667.657.2:544.77

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОИАНИЛИНОМ ВОДНО-ДИСПЕРСИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ

© В. Г. Курбатов^{1,2}, Т. А. Пугачёва^{1,2}, Д. А. Черняев²,
А. А. Ильин¹, Е. А. Индейкин¹

¹ Ярославский государственный технический университет,
150023, г. Ярославль, Московский пр., д. 88

² Институт проблем химической физики РАН,
142432, Московская обл., г. Черноголовка, пр. Академика Семенова, д. 1
E-mail: kurbatovvg@list.ru

Поступила в Редакцию 6 ноября 2020 г.

После доработки 10 июня 2021 г.

Принята к публикации 10 июня 2021 г.

Показано, что введение дисперсии полианилина в алкидно-уретановую эмульсию приводит к снижению среднего размера частиц модифицированной дисперсии. Введение недотированного полианилина приводит к увеличению устойчивости модифицированной дисперсии во всем исследуемом диапазоне содержаний. Установлено, что введение дотированного (до 2.6 мас%) и недотированного полианилина (до 3.9 мас%) в покрытия приводит к увеличению как начальной скорости отверждения, так и содержания сетчатого полимера. Спектроскопией электрохимического импеданса и поляризационными исследованиями показано, что введение полианилина как в дотированной, так и в недотированной форме приводит к снижению плотности тока коррозии стали под покрытиями и повышению их импеданса.

Ключевые слова: полианилин; алкидно-уретановый олигомер; водные дисперсии; отверждение; адгезия; противокоррозионные свойства

DOI: 10.31857/S0044461821060098

Разработка лакокрасочных материалов с пониженной токсичностью — одно из перспективных направлений лакокрасочной отрасли [1]. Токсичность лакокрасочных материалов обусловлена наличием летучих органических растворителей, содержащихся в пленкообразующей системе, и использованием в их составе токсичных противокоррозионных пигментов, содержащих соединения тяжелых металлов (хрома, свинца, стронция). Снижения токсичности, обусловленной этой причиной, можно добиться, используя пленкообразующую систему на основе водных дисперсий полимеров, при формировании покрытий из которых не происходит загрязнение окружающей среды летучими органическими растворителями.

В качестве перспективных нетоксичных противокоррозионных пигментов могут использоваться проводящие полимеры, в частности полианилин [2], а также композиты на его основе [3]. Полианилин вводится в состав полимерных композиций путем его

диспергирования в используемой пленкообразующей системе.

Возможность получения устойчивых водных дисперсий полианилина [4] позволяет вводить их в водно-дисперсионные материалы, исключая энергоемкую стадию диспергирования. Однако в литературе отсутствуют работы, посвященные совмещению водных дисперсий полианилина с водными дисперсиями или эмульсиями пленкообразующих полимеров.

Цель работы — изучение устойчивости и отверждения совмещенных водных дисперсий на основе полианилина и алкидно-уретановых олигомеров, а также определение противокоррозионных свойств полученных покрытий.

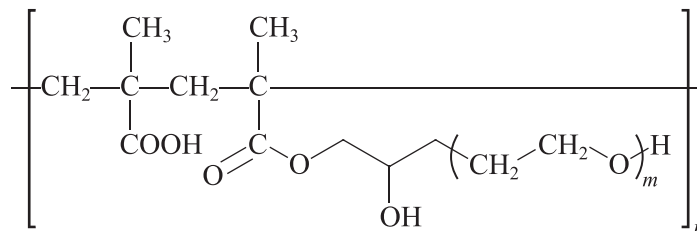
Экспериментальная часть

В качестве пленкообразующей системы использовалась водная эмульсия алкидно-уретанового олиго-

мера с массовой долей нелетучих веществ $45 \pm 2\%$, средним размером частиц 1.34 ± 0.2 мкм, pH 6.5 ± 0.5 . Эмульгирование алкидно-уретанового олигомера (получен в производственном цикле на ОАО «Русские краски») осуществляли в воде с добавлением оксиэтилированного алкилфенола (ОП-7) (ООО «АО РЕАХИМ») (содержание составляло 10% от массы загруженного алкидно-уретанового лака) и поливинилового спирта (Clariant) (содержание 3% от массы загруженного лака) при температуре 60–80°C с помощью гомогенизатора HG 15D с системой ротор–статор при частоте вращения ротора 10 000 об·мин^{–1} (Daihan Scientific).

Дисперсии полианилина в виде эмеральдиновой соли были получены окислительной полимеризацией анилина (х.ч., АО «Купавнареактив») в водной среде в присутствии персульфата аммония (х.ч., АО «Купавнареактив») с последующим превращением в эмеральдиновое основание введением водного раствора аммиака (концентрация 1 моль·дм³) (х.ч.,

АО «Купавнареактив»). В качестве допанта полианилина была выбрана соляная кислота (х.ч., АО «ЭКОС-1»), в качестве стабилизирующей системы водной дисперсии — смесь гидроксиэтилцеллюлозы (Dow Chemical Company) и карбоксилсодержащего олигомера с боковым оксиэтиленовым фрагментом ($M_n \sim 1500$), которая позволяет получить наиболее устойчивые дисперсные системы, как было доказано ранее [5, 6]. Карбоксилсодержащий поверхностно-активный олигомер получен авторами радикальной сополимеризацией глицидилметакрилата (ООО «ГК «Техпром»)), модифицированного полиэтиленгликолем (ООО «АргоТранс»), и метакриловой кислоты (ООО «ГК «Техпром»)) в растворе пропанола-2 (х.ч., АО «Купавнареактив») при температуре $80 \pm 2^\circ\text{C}$, в качестве инициатора использовали Порофор ЧХЗ 57 (ООО «Кемикал Лайн»). Синтез проводили в трехгорлой колбе, снабженной механической мешалкой, термометром и капельной воронкой, в течение 7 ч.



Содержание водных дисперсий полианилина в модифицированных материалах составляло 0–15 мас%, что соответствует содержанию полианилина в покрытиях 0–3.9 мас%. Нанесение покрытий осуществляли с помощью винтового аппликатора с зазором 100 мкм. Отверждение покрытий на основе модифицированных композиций проводили 2 ч при 60°C, затем 6 ч при температуре 110°C. Такой режим обеспечивает получение бездефектных покрытий за счет постепенного удаления воды из композиции.

Размер частиц модифицированных дисперсий определяли методом динамического светорассеяния на приборе Nanotracs Ultra 151 (MicroTrac). Определение размера частиц проводили непосредственно после совмещения алкидно-уретановой эмульсии с дисперсией полианилина. Реологические свойства модифицированных водных дисперсий были изучены с помощью ротационного вискозиметра Rheomat RM 180 (ProRheo) с измерительной системой в виде коаксиальных цилиндров в диапазоне скоростей сдвига 100–1000 с^{–1}. Оптическую плотность модифицированных водных дисперсий определяли с помощью однолучевого спектрофотометра

ПЭ-5400УФ (ООО «Экрос-Аналитика»). Расчет кинетической седиментационной устойчивости (КСУ) и термодинамической седиментационной устойчивости (ТСУ) проводили по методике.* Содержание сетчатого полимера в композициях оценивали путем экстракции растворимой части в аппарате Сокслета ацетоном (ч.д.а., АО «ЭКОС-1») в течение 6 ч.

Адгезию сформированных покрытий оценивали методом нормального отрыва и электрохимического отслаивания. Установка для определения адгезии методом электрохимического отслаивания состоит из следующих частей: источника питания УИП-1 (Таллинский завод измерительных приборов), мультиметра Актаком АВМ-4401 (ООО «АКТАКОМ»), стакана из боросиликатного стекла (объемом 600 мл) и двух электродов из нержавеющей стали (12Х18Н10Т), стальной пластинки (сталь 08кп) с нанесенным испытуемым покрытием. На покрытие нанесены два параллельных надреза калиброванным лезвием длиной

* Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. М.: Химия, 1988. С. 252–255.

2 см и на расстоянии 1 см друг от друга. В стакан опускали электроды и добавляли раствор NaOH (х.ч., АО «Купавнареактив») (концентрация $0.5 \text{ моль} \cdot \text{дм}^{-3}$) выше уровня надрезов на 2 см. После включения источника питания (величина напряжения при испытании 6.3 В) фиксировали изменение силы тока во времени. Сила тока прямо пропорциональна рабочей площади электрода, что позволяет оценить степень отслаивания покрытия за определенное время. На основании полученных данных строили зависимости относительного увеличения силы тока от времени выдержки, которые позволяли оценить адгезию покрытий.

Потенциодинамические исследования проводили с помощью потенциостата/гальваностата Р-30J в режиме линейной развертки потенциала (ООО «Элинс»). Скорость развертки потенциала составляла $5 \text{ мВ} \cdot \text{с}^{-1}$. В качестве рабочего электрода использовали стальную пластинку (сталь 08кп) с нанесенным покрытием. На полимерном покрытии делался надрез до металла с помощью калиброванного лезвия.

Импедансометрические измерения проводили на импедансометре Z-1500P (ООО «Элинс») в диапазоне частот 0.05 Гц–100 кГц. В качестве коррозионно-активной среды использовали 3%-ный водный раствор NaCl (х.ч., АО «Купавнареактив»).

Краевой угол смачивания определяли методом, основанным на определении геометрических размеров капли, нанесенной на твердую поверхность: по высоте и радиусу или диаметру площади контакта капли с поверхностью. Геометрические размеры капли фиксировали с помощью горизонтального микроскопа МГ-1 (Новосибирский приборостроительный завод). Критическое поверхностное натяжение покрытий

определяли, исходя из краевых углов смачивания различными жидкостями.

Обсуждение результатов

При модифицировании водных дисперсий полианилина с эмульсиями алкидно-уретанового олигомера не наблюдается образования коагулята, что позволяет говорить о достаточно высокой седиментационной устойчивости продукта. Это, вероятно, связано с тем, что частицы дисперсной фазы водных эмульсий олигомера и дисперсий полианилина близки по размеру.

Введение до 5 мас% дисперсии допированного полианилина не влияет на гранулометрический состав модифицированной системы (рис. 1, а, кривая 2). Введение 10 мас% дисперсии полианилина приводит к появлению плеча на кривой распределения частиц дисперсной фазы по размерам (рис. 1, а, кривая 3), что соответствует росту доли частиц полианилина, обладающего меньшими размерами (рис. 1, а, кривая 5). Дальнейшее увеличение содержания дисперсии полианилина приводит к смещению кривой распределения частиц совмещенной дисперсии по размерам в область меньших размеров частиц, при этом система становится более полидисперсной.

При введении в алкидно-уретановые эмульсии 5 мас% дисперсии недопированного полианилина наблюдается рост полидисперсности модифицированной системы (рис. 1, б). Дальнейшее увеличение содержания дисперсии недопированного полианилина так же, как и в случае с допированным, приводит к смещению кривой распределения в область меньших

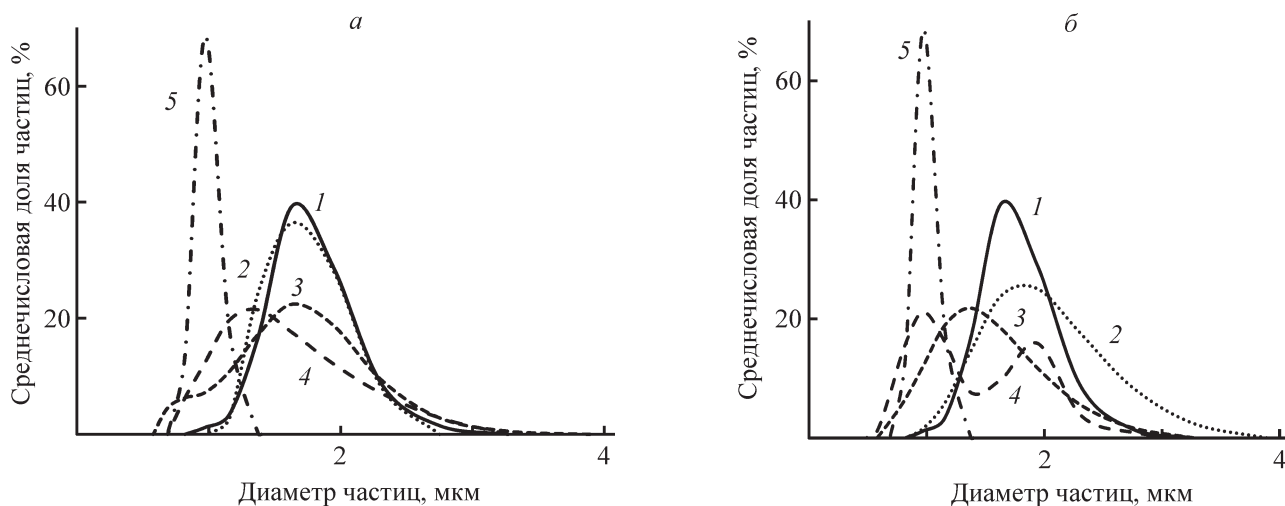


Рис. 1. Кривые распределения частиц по размерам модифицированных водных дисперсий алкидно-уретановых олигомеров с допированным (а) и недопированным полианилином (б).

Содержание дисперсии полианилина (мас%): 1 — 0, 2 — 5, 3 — 10, 4 — 15, 5 — 100.

размеров. Однако при введении недопированного полианилина (15 мас%) кривая распределения частиц по размеру становится бимодальной (рис. 1, б, кривая 4).

Изменение гранулометрического состава дисперсной системы должно отражаться на ее седиментационной устойчивости. При содержании дисперсии допированного полианилина до 10 мас% в модифицированной дисперсии устойчивость ее возрастает (рис. 2, а), что связано с уменьшением размера частиц дисперсной фазы. При введении дисперсии полианилина 15 мас% в модифицированной дисперсии, несмотря на то что наблюдается снижение среднего размера частиц, седиментационная устойчивость снижается. Это можно объяснить снижением вязкости модифицированной дисперсии системы с увеличением содержания полианилина (рис. 3, а). Уменьшение вязкости системы в большей степени влияет на ее устойчивость, чем размер частиц дисперсной фазы, который остается на уровне 1 мкм. Еще одной причиной, приводящей к увеличению седиментации, является увеличение содержания частиц, характеризующихся в 1.5 раза большей плотностью по сравнению со средой.

Использование для модификации дисперсии недопированного полианилина повышает седиментационную устойчивость дисперсии, несмотря на увеличение полидисперсности (рис. 2, б). Одним из возможных объяснений может служить следующее обстоятельство: перевод полианилина из допированной формы в недопированную сопровождается снижением плотности дисперсной фазы. Это приводит к тому, что плотности дисперсной фазы и дисперсионной среды становятся близки. Близкие значения плот-

ностей дисперсной фазы и среды снижают скорость седиментации частиц полианилина. Увеличение значений КСУ и ТСУ (табл. 1) при использовании недопированного полианилина говорит о росте устойчивости модифицированных дисперсий. С увеличением содержания допированного полианилина в модифицированных дисперсиях КСУ и ТСУ снижаются, что говорит об уменьшении устойчивости и согласуется с результатами измерения оптической плотности дисперсных систем (рис. 2, а, кривые 3 и 4).

Реологические свойства материала определяют оптимальные условия его нанесения. Исходная эмульсия алкидно-уретанового олигомера обладает ярко выраженным псевдопластическим характером течения, рис. 3, а, б). Введение дисперсии допированного полианилина (10 мас% и более) приводит к смене псевдопластического характера течения на ньютоновский. Это обусловлено разбавлением системы из-за невысокого содержания полимера в дисперсии полианилина. Аналогичные зависимости наблюдаются и при введении дисперсий недопированного полианилина (рис. 3, в, г). Незначительные различия при использовании допированного и недопированного полианилина состоят только в абсолютных значениях динамической вязкости. При модифицировании допированной формой полианилина вязкость дисперсий выше по сравнению с недопированной. С учетом соизмеримости динамической вязкости модифицированных дисперсий, содержащих как допированный, так и недопированный полианилин, основными факторами, влияющим на седиментационную устойчивость, будут разница плотностей дисперсионной среды и дисперсной фазы, а также размер частиц

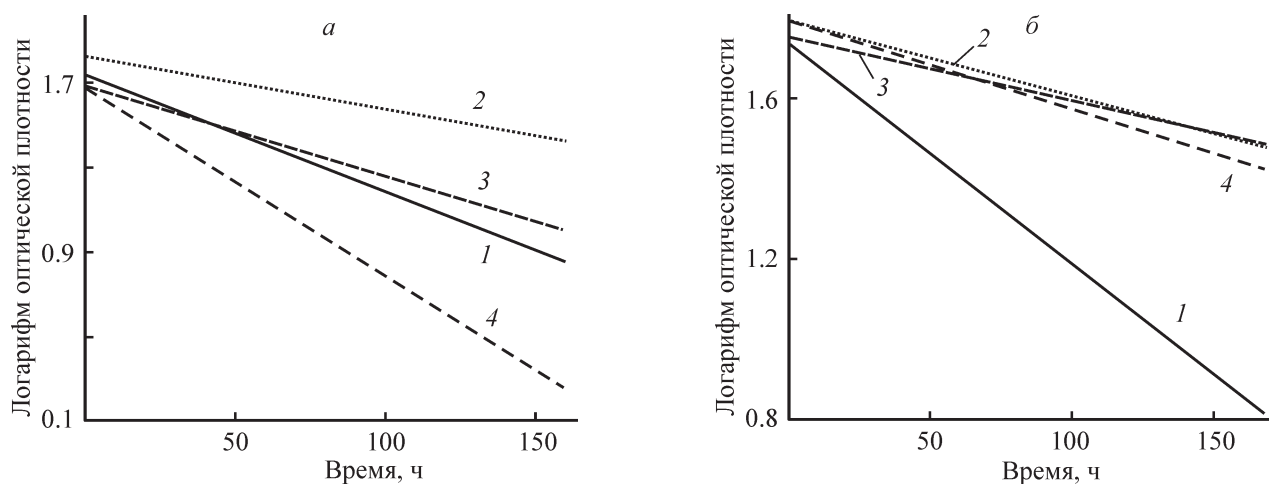


Рис. 2. Изменение оптической плотности модифицированных водных дисперсий на основе алкидно-уретанового олигомера с допированным (а) и недопированным полианилином (б). Содержание дисперсии полианилина (мас%): 1 — 0, 2 — 5, 3 — 10, 4 — 15.

Таблица 1

Кинетическая седиментационная устойчивость и термодинамическая седиментационная устойчивость модифицированных водно-дисперсионных материалов на основе алкидно-уретановых олигомеров и полианилина

Содержание дисперсии полианилина, мас%	Кинетическая седиментационная устойчивость $\times 10^3$, с ⁻¹	Термодинамическая седиментационная устойчивость $\times 10^7$, м
0	1.7	5.7
Допированный полианилин		
5	0.64	5.7
10	0.36	5.7
15	0.31	9.6
Недодированный полианилин		
5	0.33	3.4
10	0.41	9.6
15	0.59	27.0

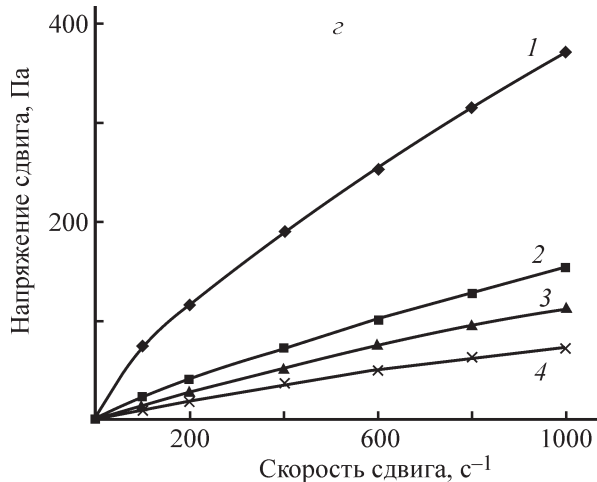
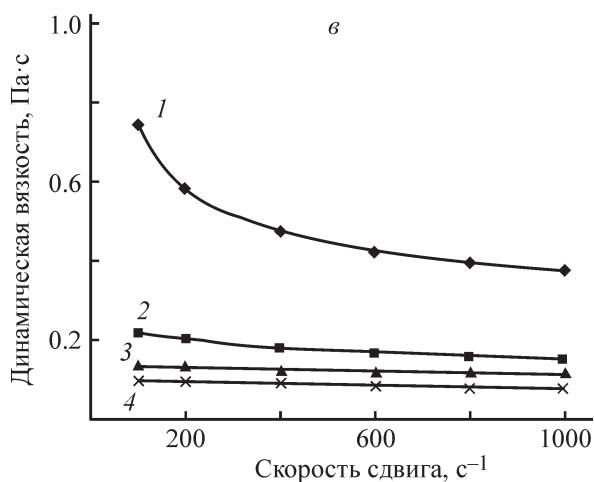
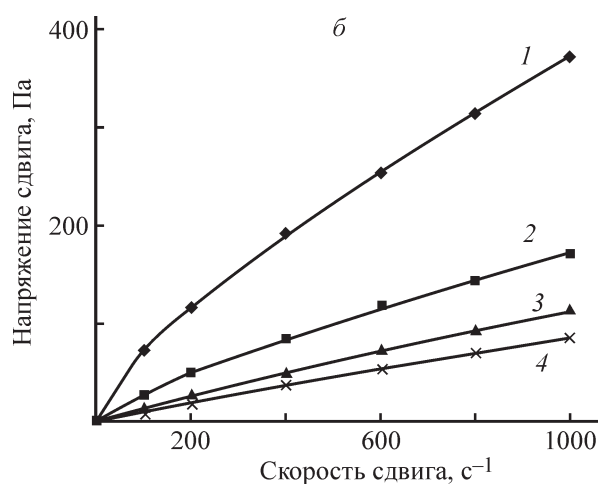
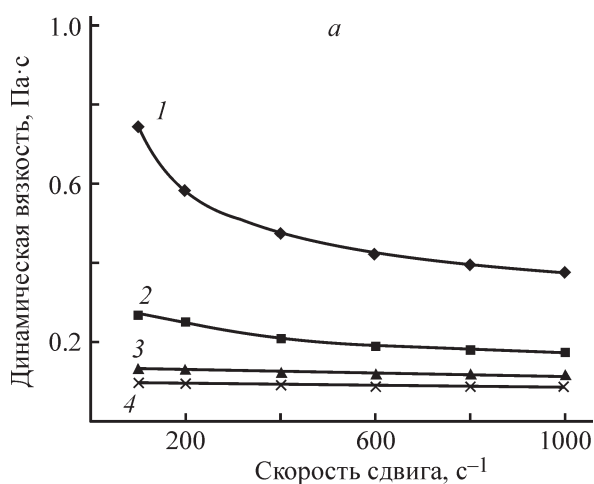


Рис. 3. Кривые течения и вязкости модифицированных дисперсий на основе алкидно-уретанового олигомера и допированного (а, б) и недодированного полианилина (в, г).

Содержание дисперсии полианилина (мас%): 1 — 0, 2 — 5, 3 — 10, 4 — 15.

дисперсной фазы. С уменьшением размера частиц модифицированной системы связано повышение ее ТСУ при содержании дисперсии допированного полианилина 15 мас%.

Покрyтия на основе модифицированной алкидно-уретановой эмульсии формируются за счет окислительной полимеризации по двойным связям в жирнокислотных остатках олигомера, которая ускоряется солями металлов переменной валентности. Полианилин может оказывать сходное действие, приводя к изменению скорости и глубины отверждения таких покрытий за счет возможности обратимого перехода между лейкоэмеральдиновой, эмеральдиновой и пернигранилиновой формами.

Введение допированного полианилина до 2.6 мас% приводит к росту содержания сетчатого полимера. Увеличивается и начальная скорость отверждения композиций в присутствии допированного полианилина (табл. 2). Это позволяет предположить, что полианилин играет роль дополнительно введенного сиккатива, приводя к ускорению процесса

отверждения за счет окислительно-восстановительной активности. Дальнейшее увеличение содержания допированного полианилина в композиции приводит к снижению содержания сетчатого полимера. Это обусловлено тем, что допированный полианилин характеризуется высокой кислотностью (рН водной вытяжки ~ 2.5), что приводит к гидролизу сложноэфирных связей и, как следствие, снижению содержания сшитого полимера.

Использование недопированного полианилина приводит к увеличению как сетчатого полимера в покрытии (рис. 4, б), так и начальной скорости отверждения композиций (табл. 2). Незначительное снижение содержания сетчатого полимера при 3.9 мас% недопированного полианилина по сравнению с композициями, содержащими 1.3 и 2.6 мас% недопированного полианилина, может быть обусловлено тем, что происходит агрегация его частиц. Это в свою очередь приведет к уменьшению удельной поверхности и, следовательно, к снижению каталитического действия.

Таблица 2

Зависимость начальной скорости отверждения от содержания полианилина в покрытии

Содержание полианилина, мас%	Начальная скорость отверждения $\times 10^3$, мин ⁻¹	
	допированный полианилин	недопированный полианилин
0	4.73	
1.3	8.16	9.21
2.6	7.97	10.85
3.9	4.55	5.89

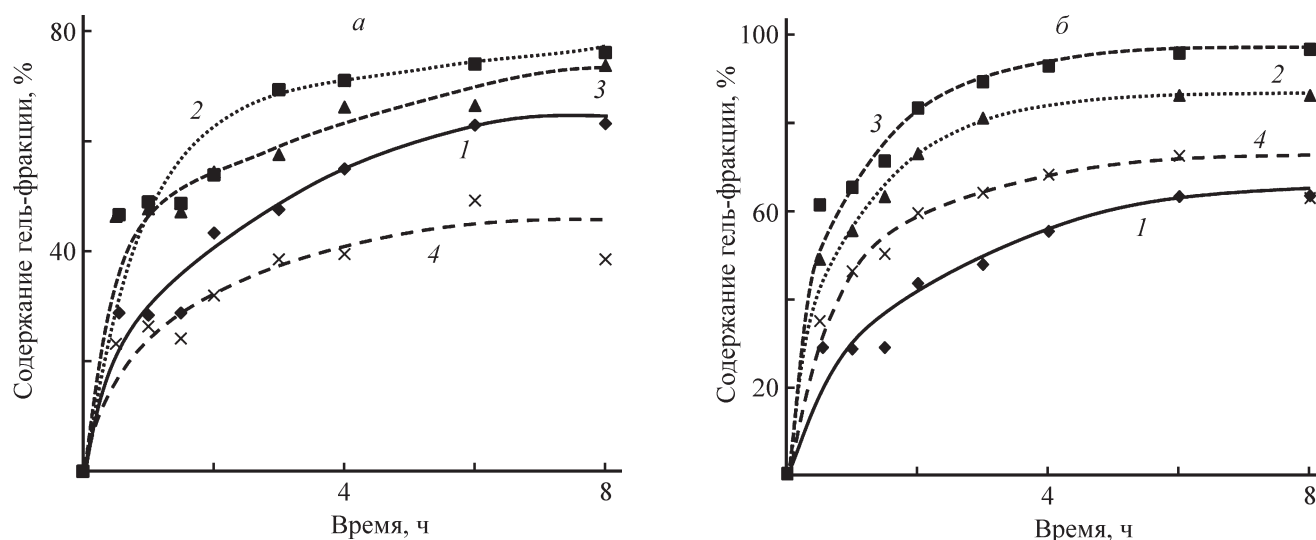


Рис. 4. Кинетические кривые отверждения композиций на основе эмульсии алкидно-уретанового олигомера, содержащего водные дисперсии допированного (а) и недопированного полианилина (б).

Содержание полианилина (мас%): 1 — 0, 2 — 1.3, 3 — 2.6, 4 — 3.9.

Наличие в молекуле полианилина полярных групп может оказывать влияние и на адгезию получаемых покрытий. Введение допированного полианилина в покрытия, сформированные на основе водных эмульсий алкидно-уретанового олигомера, приводит к снижению адгезии (рис. 5). С ростом содержания полианилина в покрытиях адгезионная прочность увеличивается, однако остается на более низком уровне по сравнению с немодифицированным покрытием. Вероятно, снижение адгезии связано при малых содержаниях (до 1.3 мас%) с тем, что функциональные группы алкидно-уретанового олигомера вступают во взаимодействие с полианилином, а не с группами на поверхности металла. Однако при увеличении содержания полианилина более 1.3 мас% его молекулы преимущественно вступают во взаимодействие друг с другом, а алкидно-уретановый олигомер взаимодействует с различными группами на поверхности металла, увеличивая прочность адгезионной связи.

Введение недопированного полианилина в алкидно-уретановые покрытия также приводит к снижению адгезии покрытий (рис. 5, б). При введении недопированного полианилина адгезия покрытий снижается значительно сильнее, чем при введении в покрытия допированного полианилина. Это обусловлено тем, что карбоксильные группы алкидно-уретанового олигомера могут выступать в качестве допанта для молекул полианилина, что не позволяет образовывать пленкообразователю связи с металлической подложкой. В результате этого снижается количество функциональных групп, способных взаимодействовать с металлом, и, как следствие, адгезия покрытий снижается в большей степени, чем при использовании допированного полианилина. Результаты, полученные с помощью метода электрохимического отслаивания, хорошо согласуются с данными, полученными при определении адгезии методом нормального отрыва (рис. 6). В случае алкидно-уретанового покрытия

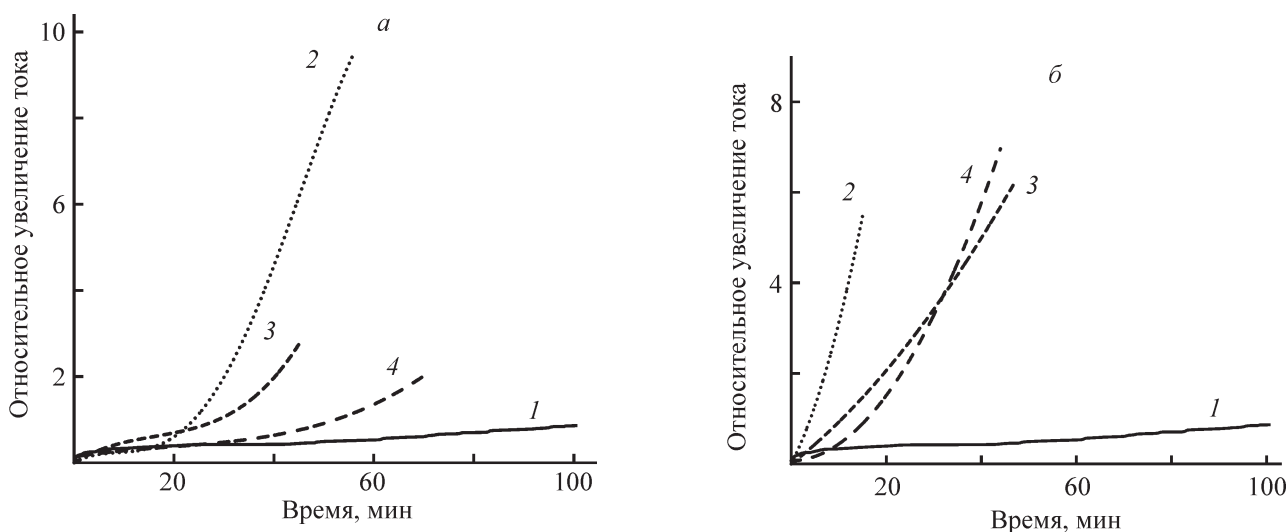


Рис. 5. Кинетические кривые процесса отслаивания покрытия на основе алкидно-уретанового олигомера, содержащего допированный (а) и недопированный полианилин (б).

Содержание полианилина (мас%): 1 — 0, 2 — 1.3, 3 — 2.6, 4 — 3.9.

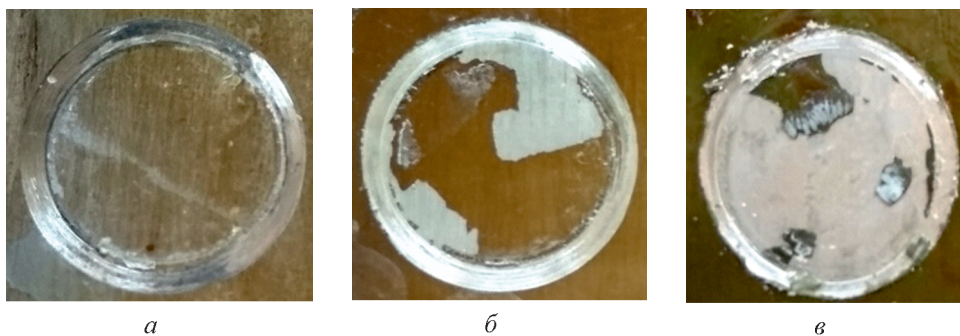


Рис. 6. Фотографии алкидно-уретановых покрытий после определения адгезии методом нормального отрыва (а — без полианилина, б — 2.6 мас% допированного полианилина, в — 2.6 мас% недопированного полианилина).

без полианилина наблюдается отрыв по клеевому слою (усилие отрыва 2 МПа) (рис. 6, *а*), тогда как при введении допированного и недопированного полианилина происходит адгезионный отрыв покрытия от подложки (рис. 6, *б*, *в*), причем для покрытий с допированным полианилином наблюдается адгезионный отрыв 50–55% площади испытуемого покрытия (1.5 МПа) (рис. 6, *б*), а с недопированным — адгезионный отрыв 80–85% площади (1 МПа) (рис. 6, *в*). Увеличение площади адгезионного отрыва при снижении усилия, необходимого для этого, подтверждает снижение адгезии покрытий, содержащих полианилин.

Спектроскопией электрохимического импеданса показано, что введение как допированного, так и недопированного полианилина приводит к росту полного сопротивления покрытия с 10^4 до 10^5 Ом

и для ряда образцов до 10^7 Ом на низких частотах переменного тока (рис. 7). Это обусловлено образованием на поверхности металла слоя плотного Fe_3O_4 . Подтверждением образования слоя магнетита на поверхности стали служат спектры диффузного отражения для стали до и после испытаний [7], причем лучшими защитными свойствами характеризуются покрытия, содержащие допированный полианилин, который должен снижать активную часть импеданса. При этом, вероятно, толщина слоя магнетита, образующегося в присутствии допированного полианилина, выше, чем и обусловлено большее значение импеданса.

Еще одной из возможных причин изменения импеданса покрытий при введении полианилина является изменение поверхностной энергии покрытий и, как следствие, краевого угла смачивания. При введении

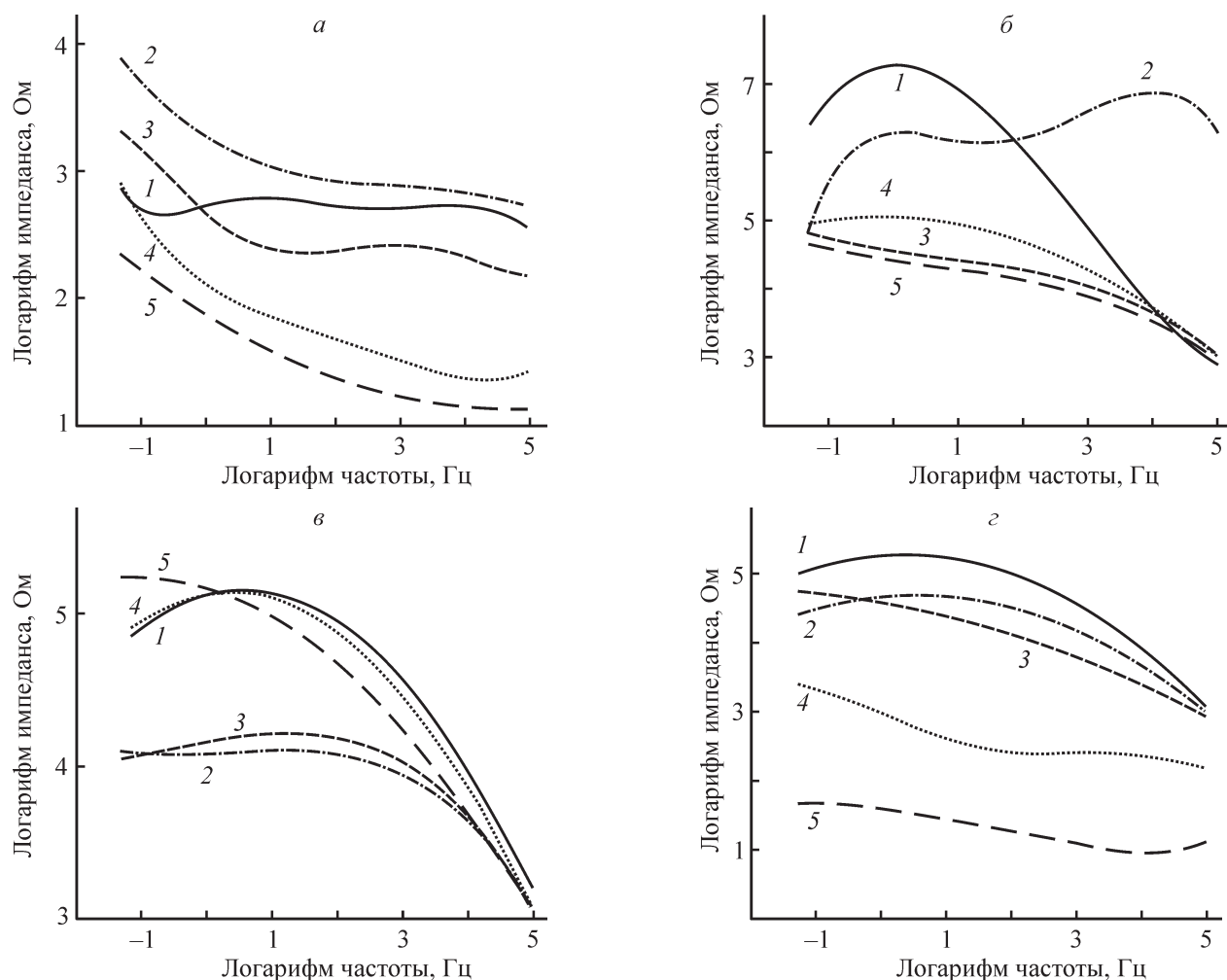


Рис. 7. Спектры электрохимического импеданса покрытий, полученных на основе алкидно-уретанового олигомера и допированного (*б–г*) и недопированного полианилина (*а–в*).

Содержание полианилина (мас%): *а* — 0; *б*, *д* — 1.3; *в*, *е* — 2.6; *г*, *ж* — 3.9.

Время экспозиции в 3%-ном растворе NaCl (сут): 1 — 0, 2 — 1, 3 — 3, 4 — 7, 5 — 14.

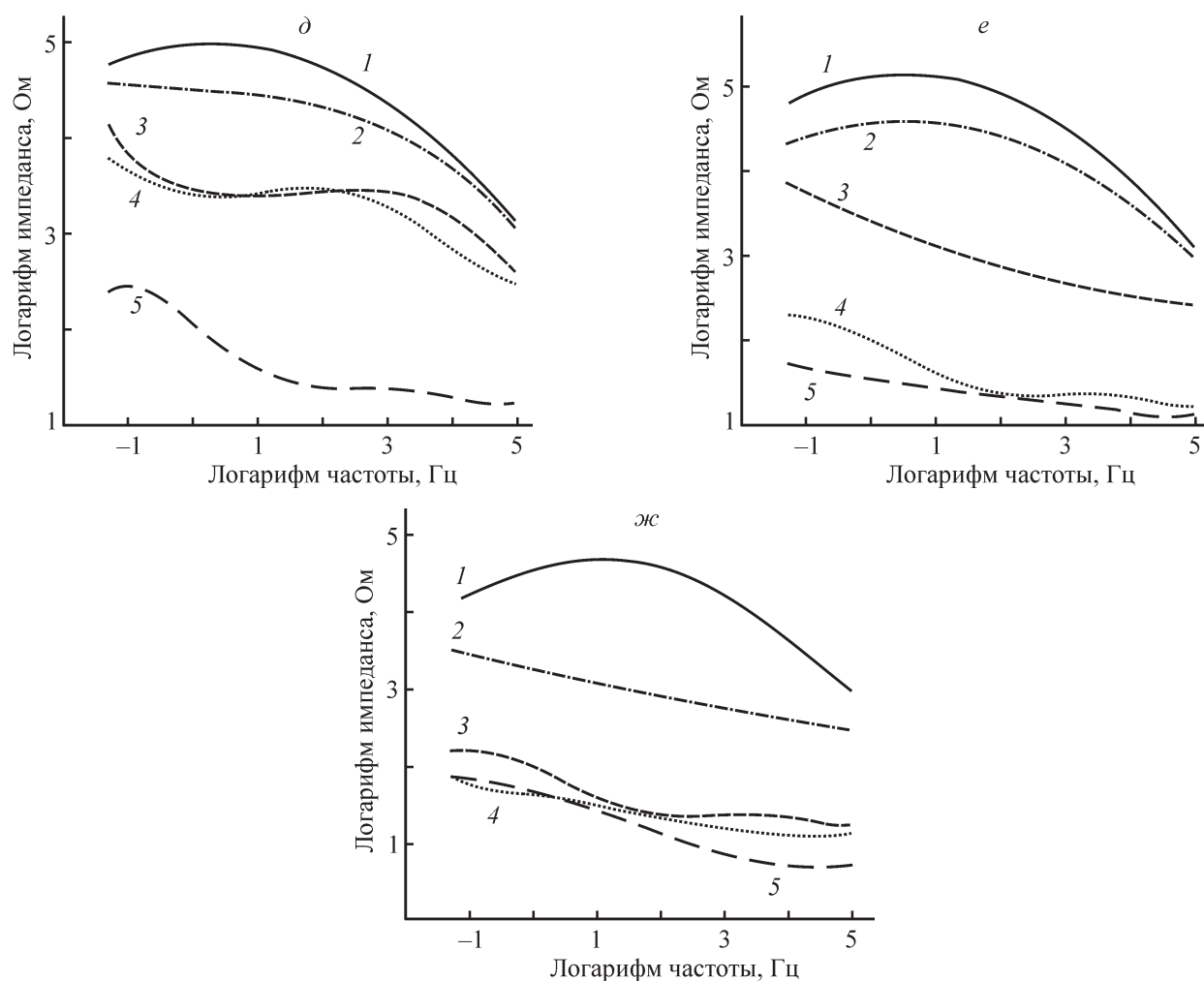


Рис. 7. Продолжение.

допированного полианилина краевой угол смачивания достигает максимального значения при содержании дисперсии полианилина 1.3 мас% (табл. 3). При дальнейшем увеличении содержания допированного

полианилина гидрофильность покрытия увеличивается. Это хорошо коррелирует с данными спектроскопии электрохимического импеданса, максимум которого наблюдается при содержании допирован-

Таблица 3

Влияние содержания полианилина на смачивание покрытий и плотность тока коррозии стали

Содержание полианилина в покрытии, мас%	Краевой угол смачивания, град		Плотность тока коррозии, $\text{мкА} \cdot \text{см}^{-2}$
	вода	бензиловый спирт	
0	51.5	22.9	9.70
Допированный полианилин			
1.3	68.0	43.0	0.11
2.6	61.1	43.9	1.40
3.9	39.3	29.0	2.03
Недопированный полианилин			
1.3	54.3	27.9	1.75
2.6	57.9	23.9	0.90
3.9	63.5	27.7	2.03

ного полианилина в покрытии 1.3 мас%. При введении недопированного полианилина существенного повышения краевого угла смачивания не наблюдается (табл. 3), что также согласуется с результатами спектроскопии электрохимического импеданса. Введение недопированного полианилина приводит к повышению защитных свойств, однако его содержание существенно не влияет на противокоррозионные свойства покрытий.

Потенциодинамическим методом установлено, что наличие как допированного, так и недопированного полианилина приводит к снижению плотности тока коррозии стали под покрытиями не менее чем в 4 раза по сравнению с немодифицированным покрытием, а в некоторых случаях (содержание допированного полианилина 1.3%) — почти на 2 порядка (табл. 3). Эти результаты также подтверждают, что полианилин является эффективным ингибитором коррозионного процесса, что связано с возможностью каталитического окисления стали до Fe_3O_4 .

Выводы

Введение дисперсии недопированного полианилина в эмульсию алкидно-уретанового олигомера позволяет получить устойчивые модифицированные дисперсии. Введение как допированного, так и недопированного полианилина приводит к увеличению содержания сетчатого полимера в покрытиях до 2.6 мас% по сравнению с немодифицированными покрытиями. Это связано с возможностью каталитического действия полианилина на процесс отверждения за счет наличия нескольких окислительно-восстановительных форм.

Добавки полианилина приводят к уменьшению адгезионной прочности покрытий, причем введение недопированного полианилина в большей степени снижает адгезию. Это, возможно, вызвано тем, что карбоксильные группы алкидно-уретанового олигомера могут выступать в качестве допанта молекул полианилина, что не позволяет образовывать пленкообразователю связи с металлической подложкой. Введение полианилина приводит к получению покрытий с повышенными защитными свойствами, что обусловлено образованием слоя магнетита на поверхности стали в результате взаимодействия ее с полианилином, а также гидрофобизацией покрытий.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Финансирование работы

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России (Соглашение № 075-15-2020-794).

Информация о вкладе авторов

В. Г. Курбатов — постановка задачи исследования, изучение дисперсионного состава совмещенных дисперсий, устойчивости совмещенных дисперсий, процессов отверждения материалов на основе алкидно-уретановых олигомеров, оформление статьи; Т. А. Пугачёва — синтез водных дисперсий полианилина, изучение защитных свойств покрытий на основе алкидно-уретанового олигомера, определение краевых углов смачивания; Д. А. Черняев — определение адгезии покрытий на основе алкидно-уретановых покрытий; А. А. Ильин — исследование реологических свойств композиций; Е. А. Индейкин — исследование защитных свойств покрытий.

Информация об авторах

Курбатов Владимир Геннадьевич, к.х.н.,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6914-2088>

Пугачёва Татьяна Александровна,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4278-9161>

Черняев Дмитрий Александрович,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2642-259X>

Ильин Александр Алексеевич, д.х.н., проф.,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0514-7111>

Индейкин Евгений Азубекирович, к.х.н., проф.,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1700-4668>

Список литературы

- [1] Manea M. High solid binders. Hannover: Vincentz Network, 2008. P. 55–57.
- [2] Martí M., Fabregat G., Azambuja D. S., Alemán C., Armelin E. Evaluation of an environmentally friendly anticorrosive pigment for alkyd primer // Prog. Org. Coat. 2012. V. 73. P. 321–329.
<https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2011.10.017>
- [3] Motlatlea A. M., Raya S. S., Scriba M. Polyaniline-clay composite-containing epoxy coating with enhanced corrosion protection and mechanical properties // Synth. Met. 2018. V. 245. P. 102–110.
<https://doi.org/10.1016/j.synthmet.2018.07.012>
- [4] Masillamani A. M., Peřinka N., Hajná M., Stejskal J., Tondelier D., Bonnassieux Y., Vanel J.-C., Geffroy B., Mencaraglia D. Charge transport and contact resistance in coplanar devices based on colloidal polyaniline dispersion // J. Polym. Sci., Part B: Polym. Phys. 2016. V. 54. P. 1710–1716.
<https://doi.org/10.101610.1002/polb.24074>

- [5] Курбатов В. Г., Индейкин Е. А. Противокоррозионные пигменты с оболочкой из допированного полианилина // Физикохимия пов-ти и защита материалов. 2017. Т. 53. № 2. С. 204–209. <https://doi.org/10.7868/S0044185617020164> [Kurbatov V. G., Indeikin E. A. Anticorrosion pigments with a shell of doped polyaniline // Prot. Met. Phys. Chem. Surf. 2017. V. 53. N 2. P. 329–334. <https://doi.org/10.1134/S2070205117020162>].
- [6] Курбатов В. Г., Захарова Н. А., Кочкина Н. В., Индейкин Е. А. Водные дисперсии полианилина, стабилизированные полимерными карбоксилсодержащими поверхностно-активными веществами // ЖПХ. 2016. Т. 89. № 2. С. 189–194 [Kurbatov V. G., Zakharova N. A., Kochkina N. V., Indeikin E. A. Influence of the polyaniline structure on the properties of epoxy compounds and materials // Russ. J. Appl. Chem. 2016. V. 89. N 2. P. 200–205. <https://doi.org/10.1134/S1070427216020063>].
- [7] Воронцова А. С., Курбатов В. Г., Захарова Н. А., Индейкин Е. А. Исследование устойчивости водных дисперсий полианилина, полученных в присутствии смесей поверхностно-активных веществ // ЖПХ. 2018. Т. 91. № 7. С. 1016–1023. <https://doi.org/10.1134/S0044461818070125> [Vorontsova A. S., Kurbatov V. G., Zakharova N. A., Indeikin E. A. Stability of polyaniline aqueous dispersions prepared in the presence of surfactant mixtures // Russ. J. Appl. Chem. 2018. V. 91. N 7. P. 1153–1159. <https://doi.org/10.1134/S1070427218070133>].
-