

О. Р. Латыпов (д.т.н., проф., зав.каф.)¹, С. А. Ямщикова (к.т.н., доц.)¹, А. В. Антонов (гл. техн.)²,
Р. Р. Даминев (д.т.н., проф.)¹, Д. Р. Латыпова (к.т.н., доц.)¹, И. С. Туркин (зам. ген.дир.)²

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДИФИКАТОРОВ И НАПОЛНИТЕЛЕЙ В ПОРОШКОВЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛАХ

¹ Уфимский государственный нефтяной технический университет,
кафедра «Материаловедение и защита от коррозии»
450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1; e-mail: o.r.latypov@mail.ru

² ООО «УралЭнергоРесурс»
455000, г. Магнитогорск, пр. Metallurgov, 12; e-mail: info@uer74.ru

O. R. Latypov¹, S. A. Yamshchikova¹, A. V. Antonov²,
R. R. Daminev¹, D. R. Latypova¹, I. S. Turkin²

EFFICIENCY OF USING MODIFIERS AND FILLERS IN POWDER PAINT AND VARNISH MATERIALS

¹ Ufa State Petroleum Technological University
1, Kosmonavtov Str., 450064, Ufa, Russia; e-mail: info@rusoil.net

² LLC «UralEnergoResurs»
12, Prospekt Metallurgov Str., 455000, Magnitogorsk, Russia; e-mail: info@uer74.ru

Рассматриваются вещества, которые могут быть использованы в качестве модификаторов и наполнителей для изменения основных свойств и возможности применения порошковых лакокрасочных материалов для защиты нефтегазового оборудования от коррозии. Наиболее применяемыми модификаторами являются пластификаторы, отвердители, термофотостабилизаторы, антистатисты и стабилизаторы. Применение модификаторов и наполнителей позволяет существенно расширить область применения термопластичных покрытий в нефтегазовой отрасли, обеспечить их рентабельность и конкурентоспособность на рынке лакокрасочных материалов.

Ключевые слова: модификаторы; пленкообразователь; порошковые лакокрасочные материалы; стабилизаторы; термопластичное покрытие; пластификаторы; отвердители; термофотостабилизаторы

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «УГНТУ» в рамках комплексного проекта по теме «Разработка состава многофункциональных покрытий на основе полиолефинов, технологии их производства и нанесения на стальные и бетонные поверхности для обеспечения коррозионной стойкости выпускаемого оборудования и конструкций» на основании договора от 21.10.2022 №13/ИЦ-88-22 о предоставлении субсидии в соответствии с постановлением Правительства РФ от 09.04.2010 №218.

The article provides information on the need to improve the properties of thermoplastic coatings by adding modifiers and fillers. It examines substances that can be used as modifiers and fillers to change the basic properties and the possibility of using powder paints and varnishes to protect oil and gas equipment from corrosion. The most commonly used modifiers are plasticizers, hardeners, thermal and photo-stabilizers, anti-aging agents and stabilizers. The use of modifiers and fillers can significantly expand the scope of application of thermoplastic coatings in the oil and gas industry, ensure their profitability and competitiveness in the paint and varnish market.

Keywords: film former; hardeners; modifiers; plasticizers; powder paints and varnishes; stabilizers; thermoplastic coating; thermal and photostabilizers.

The work was carried out at the Ufa State Petroleum Technological University as part of a comprehensive project on the topic «Development of the composition of multifunctional coatings based on polyolefins, the technology of their production and application to steel and concrete surfaces to ensure corrosion resistance of manufactured equipment and structures» on the basis of the agreement dated 10.21.2022 No.13/IC-88-22 on the provision of a subsidy in accordance with the Decree of the Government of the RF dated 04.09.2010 No.218.

Дата поступления 13.09.24

Применение порошковых лакокрасочных материалов (ПЛКМ) в качестве термопластичных защитных покрытий в последнее время получило широкое распространение во всем мире. Наиболее перспективными из них являются покрытия на основе полиолефинов, в первую очередь, из полиэтилена. Такие покрытия имеют хорошую адгезию, эластичность, стойкость к воздействию воды и атмосферы, в связи с чем они могут применяться в качестве антикоррозионных, химически стойких, антифрикционных, декоративных и электроизоляционных.

ПЛКМ представляют собой многокомпонентные дисперсные системы, которые состоят из твердых частиц – пленкообразователей, модификаторов и пигментов. Улучшение свойств порошковых красок и покрытий может быть достигнуто посредством химической и физической модификации пленкообразователей^{1–3}. В качестве модификаторов в порошковых красках часто выступают олигомеры, мономеры или полимеры. При составлении рецепта порошковой краски необходимо регулировать такие параметры, как сыпучесть порошков, температуру текучести и вязкость расплавов^{4, 5}. Например, введение эпоксидных олигомеров в массовой доле от 5 до 20 % в порошковые краски на основе полиолефинов (полиэтилена, поливинилхлорида, полифторолефинов) существенно повышают адгезионную прочность, твердость, теплостойкость и противокоррозионную устойчивость термопластичных покрытий на их основе⁶.

Для улучшения свойств порошковых красок, созданных на основе полиолефинов, перспективными являются мономеры^{7, 8}. Мономеры в составе краски могут применяться в жидкой и в кристаллической твердой форме⁴. Мономер выступает в качестве своеобразного пластификатора пленкообразователя до температуры распада инициатора. Он снижает температуру текучести и вязкость расплава, что способствует лучшему формированию покрытия. Инициирование процесса полимеризации приводит к образованию нового полимера в среде основного пленкообразователя. За счет соотношения компонентов, типа инициатора и природы полимерно-мономерной пары можно получить как гомогенные, так и гетерогенные пленки в виде просто механической смеси разнородных полимеров или же привитых полимеров и сополимеров^{9–12}.

Также в качестве модификатора полиэтиленовых покрытий нередко используют отвердители или структурирующие добавки. Тип отверждающей системы влияет на многие свойства порошковых красок: стабильность, условия отверждения, внешний вид, механические, электрические и

защитные свойства образующихся покрытий. Например, для активации процесса отверждения снижения температуры или ускорения формирования покрытий применяют ускорители, или активаторы, сочетая их с соответствующими отвердителями¹³. Структурирующими агентами для полиэтилена являются органические пероксиды, такие как бензоилпероксид и дикумилпероксид, а также 2,5-диметил-2,5-ди-*трет*-бутилпероксигексан, 1,3-ди-*трет*-бутилпероксиизопропилбензол, сера и другие серосодержащие соединения, такие как дибензтиазилдисульфид и меркаптобензтиазол. Кроме того, к числу структурирующих агентов относятся хинон-М-галогенимиды, пероксикарбонаты, азиды и силаны¹⁴.

Скорость химического отверждения в значительной степени зависит от количества и равномерности распределения структурирующих агентов в массе полимера. Одним из эффективных методов является диффузионный, при котором полимер в виде порошка или гранул обрабатывается раствором отвердителя в углеводородном растворителе. После завершения процесса диффузии растворитель удаляют, а полимер отверждается¹⁵. Частой добавкой для порошковых полиэтиленовых красок является дикумилпероксид. Полиэтилена, вводя в него дикумилпероксид. Количество сшивающих добавок обычно составляет 0.2–3.0 массовых долей. Структурирование пероксидами ускоряется в присутствии небольших количеств серы и серосодержащих соединений каптакса, альтакса, тиурамдисульфида^{16–19}.

Структурирование полиэтилена существенно уменьшает степень кристалличности, изменяет морфологию надмолекулярных структур, образуя мостичные связи, характер которых зависит от условий проведения процесса. Эти изменения в структуре положительно сказываются на свойствах полиэтилена и получаемых из него покрытий^{20, 21}. Снижается модуль упругости полимера и увеличиваются прочность при растяжении, относительное удлинение и адгезия покрытий¹⁴. На рис. 1 представлены кривые растяжения термопластичного покрытия на основе полиэтилена после выдержки в камере солнечной радиации в течение 500 ч с применением различных модификаторов, полученные с помощью универсальной испытательной машины UTM 4204.

Кривые 1 и 2 (справа) иллюстрируют значительное увеличение относительного удлинения и прочность при растяжении после испытания в камере солнечной радиации Sonacme SX-1000H. Согласно рисунку видно, что после испытаний значение прочности при разрыве и относительного удлинения при разрыве было более 95% от начального значения. Запас прочности покрытий,

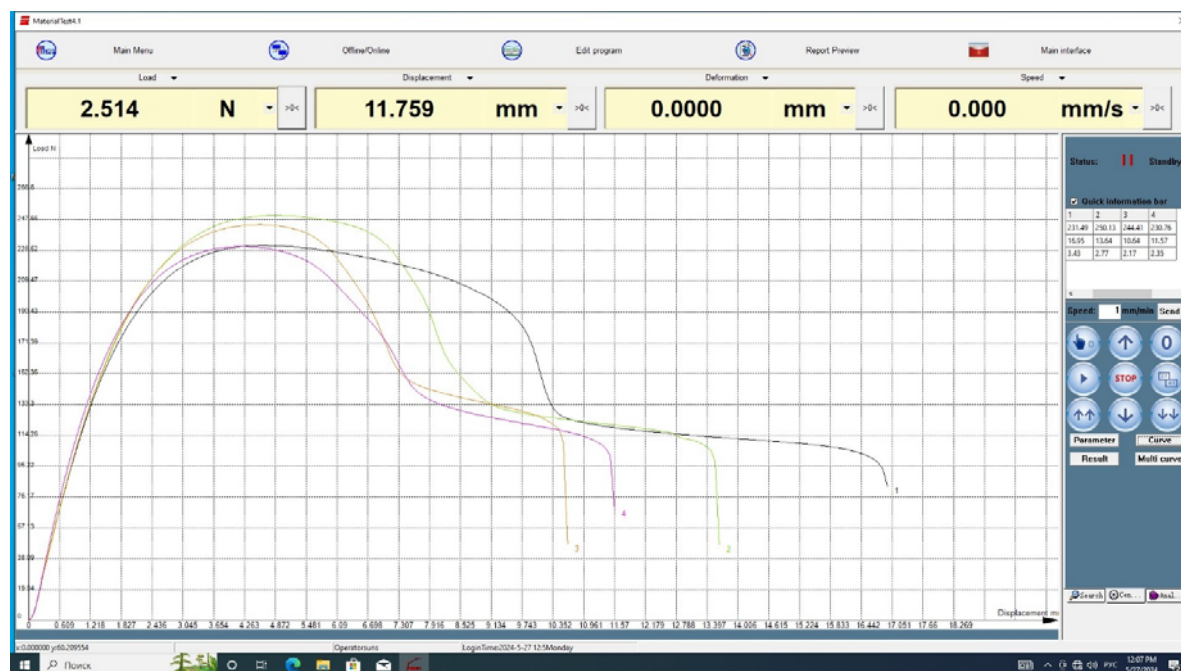


Рис. 1. Кривые растяжения для термопластичного покрытия на основе полиэтилена после выдержки в камере солнечной радиации

представляющий собой отношение разрушающего напряжения при растяжении к величине внутренних напряжений, возрастает от 2 до 5 раз. Отмечается, что адгезия образцов к стали при структурировании в присутствии дикумилпероксида увеличивается также в 2–5 раз. Таким образом, вероятность растрескивания и отслаивания покрытий при длительной эксплуатации резко уменьшается⁷. Весьма важным является также повышение тепло- и морозостойкости полиэтиленовых покрытий при структурировании. Полимер, сшитый с помощью дикумилпероксида (2–3 %) или радиационным облучением, имеет рабочую температуру выше 90 °С и выдерживает кратковременный нагрев до 132 °С, тогда как эти температуры для исходного полимера равны соответственно 80 и 100 °С. Температурный интервал эксплуатации при этом увеличивается, и составляет уже от минус 65 до 130 °С⁵.

Термопластичные покрытия часто эксплуатируются в атмосферных условиях при воздействии солнечной радиации, вызывающей усиленную термо- и фотодеструкцию полимеров. Поэтому термофотостабилизатор в рецептуре краски является важным модификатором. Для большинства полимерных пленкообразователей наиболее подходят такие антистарители, как производные оксифенона (например, 2-гидрокси-4-октоксибензофенон), бензотриазолов (тинувин П), бензоилферроценов, а также эфиры салициловой кислоты (фенилсалицилат). Из пигментов для всех полимеров хорошо зарекомендовал себя тех-

нический углерод, вводимый с массовой долей от 1.5 до 4.0 %, а для полиолефинов, в частности, оксид цинка с массовой долей до 10%¹³.

Чтобы улучшить сыпучесть порошков, обычно добавляют высокодисперсные минеральные и органические вещества: аэросил, мел, диоксид титана, технический углерод, порошки полимеров. Также себя зарекомендовали синтетические препараты, получаемые путем обработки силанами и другими веществами диоксида кремния и известные под фирменными названиями: силанокс, силоид, букпаудефлоу¹². Их вводят в количестве 0.5–1.5 % в готовую краску путем сухого смешения и потому нередко называют вторичными добавками. За счет гидрофобности они адсорбируются на поверхности частиц краски, образуя разделяющий монослой с низким коэффициентом трения. Иногда для улучшения сыпучести и снижения электризуемости частиц порошковой краски в нее вносят небольшие количества антистатических препаратов: технический углерод, оксид алюминия, а также добавки стеарата цинка и некоторых ПАВ, например, октадециламина и др.

Для устранения дефектов покрытий, образующихся при их нанесении (кратеров, проколов, шагрени и т.п.) в состав порошковых красок вводят модификаторы, позволяющие изменять вязкость и поверхностное натяжение расплавов и тем самым улучшить декоративные свойства покрытий. В случае термопластичных пленкообразователей для улучшения растекания используют летучие или летучие низкомолекулярные веще-

ства, совместимые с пленкообразователем в расплаве, снижающие температуры плавления или текучести полимера или же уменьшающие вязкость расплавов. При этом вводят следующие добавки: стеарат цинка, парафин, антрацен, фенантрен, спирты (цетиловый, стеариловый), эфиры глицерина (монорицинолевый), стеариновую кислоту, сульфонат кальция и др.¹⁴. Применение агентов растекания также положительно сказывается на увеличении адгезионной прочности термопластичных покрытий.

Для снижения температуры и времени формирования термопластичных покрытий в пленкообразователь обязательно вводят пластификаторы. Пластифицировать порошковые пленкообразователи можно как жидкими, так и твердыми пластификаторами. Первые применяют как непосредственно в жидком состоянии, так и в латентной форме – в капсулированном виде или адсорбированными на цеолитах или других активных наполнителях. Пределы введения жидких пластификаторов определяются температурой стеклования пластифицированной системы. Полимер после пластификации должен оставаться в застеклованном состоянии. Но даже в этом случае вследствие проявления капиллярных сил жидкости, адсорбированной на частицах, наблюдается их частичная агрегация, и сыпучесть порошков заметно падает¹². Твердыми пластификаторами служат различные нелетучие, совместимые с полимером кристаллические низкомолекулярные вещества с температурой плавления 50–200 °С. Их можно вводить в порошковые смеси в достаточно больших количествах как в виде расплава, обрабатывая полимер при нагревании, так и путем механического смешения порошков. Твердые пластификаторы в отличие от жидких в меньшей степени снижают сыпучесть порошков, но их технологически легче вводить в композицию краски. Пластификаторами для полиэтилена могут служить вазелиновое масло, антрацен, трифенилфосфат, малеиновая кислота.

Пластифицированные композиции имеют более низкие значения температуры текучести и вязкости расплава; соответственно снижается и температура формирования покрытий. Таким образом, добавка пластификатора влияет на вязкость расплавов полимеров так же, как и повышение температуры. Существенна роль пластификаторов и в регулировании свойств покрытий.

Пластификаторы изменяют и многие другие свойства покрытий: снижают модуль упругости и твердость, увеличивают гибкость, относительное и остаточное удлинение. Для многих пластифицированных покрытий характерна более высокая адгезия по сравнению с непластифицированными.

Вероятно, вследствие понижения вязкости расплавов при пластификации усиливаются микро-реологические явления в пограничных слоях, благоприятствующие установлению контакта пленки с подложкой⁵.

Следует отметить, что стабилизаторы порошковых покрытий должны не только оказывать эффективное стабилизирующее действие, но и быть нелетучими и не влиять отрицательно на адгезионную прочность. Кроме того, предпочтительнее использовать твердые составы, поскольку их легче вводить обычным механическим смешением. Стабилизирующие вещества характеризуют избирательное действие и специфичность для каждого вида полимеров. В плане адгезионной прочности полиолефинов лучше всего показали себя серосодержащие стабилизаторы.

Таким образом, в связи с тем, что покрытие подвергается одновременному воздействию коррозионной технологической среды и природным факторам (ультрафиолетовое излучение, перепады температур и т.п.), пленкообразователь порошковой краски требует значительной модификации. Чтобы повысить стойкость покрытий к фотостарению, используют фотостабилизаторы. Самыми распространенными из них считаются производные оксibenзофенона, бензтриазолов, бензоилферроценов и эфиры салициловой кислоты. Некоторые марки полиолефинов уже промышленно выпускают в стабилизированном виде.

Для предотвращения дефектов покрытия в состав краски вводятся добавки, которые позволяют изменить поверхностное натяжение и вязкость расплавов. Для улучшения растекания состава на полиэтилене добавляется стеарат цинка, парафин, антрацен, фенантрен. Для многих порошковых красок широко распространено использование сополимеров алкилакрилатов, которые дополняет винилацетат, винилбутиловый эфир, 2-этилгексилакрилат и другие мономеры, количество которых составляет 0.3–2 %. Наибольшую эффективность показывают акрилатные сополимеры, молекулярная масса которых составляет от 1500 до 20000. Не менее результативны такие добавки как поливинилбутираль и поливинилбутиловый эфир или препарат модафлуо. В большинстве случаев применение агентов растекания оказывает положительное влияние на адгезионную прочность покрытия.

Чтобы улучшить сыпучесть порошков, обычно используют твердые высокодисперсные минеральные и органические вещества. С этой же целью вводится в порошковые покрытия небольшое количество антистатических препаратов, среди которых оксид алюминия, стеарат цинка и некоторые ПАВ, к примеру, октадециламин.

Литература

1. Бондарь М.А., Латыпов О.Р. Подбор технологической основы интеллектуального антикоррозионного покрытия для защиты нефтеперерабатывающего оборудования // Вестник Югорского государственного университета. – 2024. – Т.20, №2. – С.47-53.
2. Шишонюк М.В. Современные полимерные материалы. – Минск: Высшая школа, 2017. – 273 с.
3. Мюллер Б., Пот У. Лакокрасочные материалы и покрытия. Принципы составления рецептур. – М.: Пэйн-Медиа, 2007. – 234 с.
4. Бондарь М.А. Латыпов О.Р., Бугай Д.Е. Разработка состава интеллектуального покрытия для защиты от коррозии оборудования нефтепереработки // Инженерная физика. – 2023. – №7. – С.3-6.
5. Прокопчук Н.Р., Шутова А.Л., Казаков П.П. Химия и физика пленкообразующих веществ. – Минск: БГТУ, 2014. – 365 с.
6. Крыжановский В.К., Бурлов В.В. Прикладная физика полимерных материалов. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. гос. технол. ин-та (техн. ун-та), 2001. – 261 с.
7. Наумова Л.Н., Ватаман В.Ю., Сущенко Н.А., Гетманов С.Н. Разработка компонентного состава порошковой краски с антистатическими свойствами на основе полиэфирной смолы // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2: Биология. Геология. Химия. Экология. – 2023. – № 2 (26). – С. 54-69.
8. Галыгин В.Е., Баронин Г.С., Таров В.П., Завражин Д.О. Современные технологии получения и переработки полимерных и композиционных материалов. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 180 с.
9. Барабанов С.Н., Карасева Т.Е. Исследование технологии напыления полимерных порошковых красок, полученных электростатическим способом // Научные вести. – 2023. – №11(64). – С.61-66.
10. Яковлев А.Д. Актуальные вопросы технологии порошковых лакокрасочных материалов и покрытий // Лакокрасочные материалы. – 2004. – №4. – С.2-24.
11. Кухта Т.Н., Прокапчук Н.Р. Пленкообразователи порошковых красок и их отвердители // Труды БГТУ. – 2018. – Серия 2, №1. – С.40-52.
12. Stoye D., Freitag W. Paints, coatings and solvents. – New York: Basel: Cambridge; Tokyo: Wiley-VCH, 1998. – 423 p.
13. Яковлев А.Д. Современные порошковые лакокрасочные материалы // Лакокрасочные материалы. – 2004. – №1-2. – С.2-24.
14. Spyrou E. Powder Coatings. Chemistry and Technology. – Vincentz Network, 2012. – 380 p.
15. Yamshchikova S.A., Nasibullina O.A. Selection of Protective Coating System for Tank Inner Surface // Materials Science Forum. – 2023. – V.1083. – Pp.178-182.
16. Барабанов С.Н., Карасева Т.Е. Исследование технологических параметров порошковых покрытий // Научные горизонты. – 2023. – №6(70). – С.91-96.
17. Федяев В.Л., Галимов Э.Р., Беляев А.В. Многофакторная параметризация адгезионной прочности полимерных порошковых покрытий // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2023. – Т.79, №3. – С.63-69.

References

1. Bondar' M.A., Latypov O.R. *Podbor tekhnologicheskoy osnovy intellektual'nogo antikorroziionnogo pokrytiya dlya zashchity neftepererabatyvayushchego oborudovaniya* [Selection of a technological basis for an intelligent anti-corrosion coating to protect oil refining equipment]. *Vestnik Yugorskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Yuga State University], 2024, vol.20, no.2, pp.47-53.
2. Shishonok M.V. *Sovremennye polimernye materialy* [Modern polymer materials]. Minsk, Vysshaya Shkola Publ., 2017, 273 p.
3. Myuller B., Pot U. *Lakokrasochnye materialy i pokrytiya* [Paints and varnishes and coatings. Principles of formulation]. Moscow, Paint-Media Publ., 2007, 234 p.
4. Bondar M.A. Latypov O.R., Bugai D.E. *Razrabotka sostava intellektual'nogo pokrytiya dlya zashchity ot korrozii oborudovaniya neftepererabotki* [Development of an intelligent coating composition for corrosion protection of oil refining equipment]. *Inzhenernaya fizika* [Engineering Physics], 2023, no.7, pp.3-6.
5. Prokopchuk N.R., Shutova A.L., Kazakov P.P. *Khimiya i fizika plenkoobrazuyushchikh veshchestv* [Chemistry and physics of film-forming substances]. Minsk, BSTU Publ., 2014, 365 p.
6. Kryzhanovsky V.K., Burlov V.V. *Prikladnaya fizika polimernykh materialov* [Applied physics of polymer materials]. Saint-Petersburg, SPSIT(TU) Publ., 2001, 261 p.
7. Naumova L.N., Vataman V.Yu., Sushchenko N.A., Getmanov S.N. *Razrabotka komponentnogo sostava poroshkovoy kraski s antistaticheskimi svoystvami na osnove poliefirnoy smoly* [Development of the component composition of powder paint with antistatic properties based on polyester resin]. *Vestnik Syktyvkarskogo universiteta. Seriya 2: Biologiya. Geologiya. Khimiya. Ekologiya* [Bulletin of Syktyvkar University. Episode 2: Biology. Geology. Chemistry. Ecology], 2023, no.2 (26), pp.54-69.
8. Galygin V.E., Baronin G.S., Tarov V.P., Zavrazhin D.O. *Sovremennyye tekhnologii polucheniya i pererabotki polimernykh i kompozitsionnykh materialov* [Modern technologies for the production and processing of polymer and composite materials]. Tambov, TSTU Publ., 2012, 180 p.
9. Barabanov S.N., Karaseva T.E. *Issledovaniye tekhnologii napyleniya polimernykh poroshkovykh krasok, poluchennykh elektrostaticheskim sposobom* [Study of the technology of spraying polymer powder paints obtained by electrostatic method]. *Nauchnyye vesti* [Scientific news], 2023, no.11(64), pp.61-66.
10. Yakovlev A.D. *Aktual'nyye voprosy tekhnologii poroshkovykh lakokrasochnykh materialov i pokrytiy* [Current issues in the technology of powder paints and coatings]. *Lakokrasochnyye materialy* [Paints and varnishes], 2004, no.4, pp.2-24.
11. Kukhta T.N., Prokapchuk N.R. *Plenkoobrazovateli poroshkovykh krasok i ikh otverditeli* [Film formers of powder paints and their hardeners]. *Trudy BG TU* [Proceedings of BSTU], 2018, Ser.2, no.1, pp.40-52.
12. Stoye D., Freitag W. [Paints, coatings and solvents]. New York, Basel, Cambridge, Tokyo, Wiley-VCH, 1998, 423 p.
13. Yakovlev A.D. *Sovremennyye poroshkovyye lakokrasochnyye materialy* [Modern powder paints and

18. Бондарь М.А., Латыпов О.Р., Латыпова Д.Р., Куэли А.К., Тляшева Р.Р., Бугай Д.Е. Разработка состава интеллектуального покрытия для защиты нефтеперерабатывающего оборудования от коррозии // Нефтегазовое дело. – 2022. – Т.20, №2. – С.111-119.
19. Мухитдинов М.Б. Разработка оптимальных составов композиционных полимерных материалов для покрытия рабочей поверхности форм в производстве железобетонных изделий // Universum: технические науки. – 2023. – №12-3(117). – С.52-63.
20. Скороходова О.Н., Казакова Е. Е. Неорганические пигменты и их применение в лакокрасочных материалах. – М.: Пэинт-Медиа, 2005. – 22 с.
21. Головин В.А., Щелков В.А., Рашутин Н.А. Микрокапсулированные и активные добавки для повышения антинакипных свойств полимерных противокоррозионных покрытий // Коррозия: защита материалов и методы исследований. – 2023. – №4. – С.131-141.
14. Spyrou E. [Powder Coatings. Chemistry and Technology]. Vincentz Network, 2012, 380 p.
15. Yamshchikova S.A., Nasibullina O.A. [Selection of Protective Coating System for Tank Inner Surface]. *Materials Science Forum*, 2023, vol.1083, pp.178-182.
16. Barabanov S.N., Karaseva T.E. *Issledovaniye tekhnologicheskikh parametrov poroshkovykh pokrytiy* [Research of technological parameters of powder coatings]. *Nauchnyye gorizonty* [Scientific horizons], 2023, no.6(70), pp.91-96.
17. Fedyaev V.L., Galimov E.R., Belyaev A.V. *Mnogofaktornaya parametrizatsiya adgezionnoy prochnosti polimernykh poroshkovykh pokrytiy* [Multifactor parameterization of the adhesive strength of polymer powder coatings]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. A.N. Tupoleva* [Bulletin of the Kazan State Technical University named after. A.N. Tupolev], 2023, vol.79, no.3, pp.63-69.
18. Bondar' M.A., Latypov O.R., Latypova D.R., Kueli A.K., Tlyasheva R.R., Bugay D.Ye. *Razrabotka sostava intellektual'nogo pokrytiya dlya zashchity neftepererabatyvayushchego oborudovaniya ot korrozii* [Development of an intelligent coating composition to protect oil refining equipment from corrosion]. *Neftgazovoye delo* [Oil and Gas Business], 2022, vol.20, no.2, pp.111-119.
19. Mukhitdinov M.B. *Razrabotka optimal'nykh sostavov kompozitsionnykh polimernykh materialov dlya pokrytiya rabochey poverkhnosti form v proizvodstve zhelezobetonnykh izdeliy* [Development of optimal compositions of composite polymer materials for coating the working surface of forms in the production of reinforced concrete products]. *Universum: tekhnicheskiye nauki* [Universum: technical sciences], 2023, no.12-3(117), pp.52-63.
20. Skorokhodova O.N., Kazakova E.E. *Neorganicheskiye pigmenty i ikh primeneniye v lakokrasochnykh materialakh* [Inorganic pigments and their application in paints and varnishes]. Moscow, Paint-Media, 2005, 22 p.
21. Golovin V.A., Shchelkov V.A., Rashutin N.A. *Mikrokapsulirovannyye i aktivnyye dobavki dlya povysheniya antinakupnykh svoystv polimernykh protivokorroziyonnykh pokrytiy* [Microencapsulated and active additives to improve the anti-scale properties of polymer anti-corrosion coatings]. *Korroziya: zashchita materialov i metody issledovaniy* [Corrosion: protection of materials and research methods], 2023, no.4, pp.131-141.