

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА КОЛОРИСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПИГМЕНТА ОРАНЖЕВОГО Ж

Шарова А.Е., Иванов Е.Н., Данилова Е.А.

Шарова Анастасия Евгеньевна, Иванов Евгений Николаевич (ORCID 0000-0003-1174-6433), Данилова Елена Адольфовна (ORCID 0000-0001-6765-6707)

Ивановский государственный химико-технологический университет,

г. Иваново, Россия. 153000, Ивановская область, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 7.

E-mail: danilova@isuct.ru

В последние годы ученые и инженеры активно исследуют новые методы синтеза и модификации пигментов для улучшения их потребительских свойств. Одним из перспективных направлений является введение поверхностно-активных веществ (ПАВ) в синтез пигментов, которые могут существенно влиять на колористические свойства выпускных форм красителей. Одним из самых популярных и востребованных пигментов является Оранжевый Ж, который ценится за интенсивную, яркую окраску и исключительную светостойкость. В работе исследовано влияние отечественных ПАВ на колористическую концентрацию выпускной формы Пигмента оранжевого Ж. Показано, что при определенных подборках ПАВ можно увеличить относительную красящую концентрацию до 108%.

Ключевые слова: пигмент, колористическая концентрация, диазотирование, азосочетание

INFLUENCE OF SURFACTANTS ON COLORIST PROPERTIES OF PIGMENT ORANGE 13

Sharova A.E., Ivanov E.N., Danilova E.A.

Sharova Anastasia Evgenievna, Ivanov Evgeniy Nikolaevich (ORCID 0000-0003-1174-6433), Danilova Elena Adolfovna (ORCID 0000-0001-6765-6707)

Ivanovo State University of Chemical Technology,

Ivanovo, Russia. 153000, Ivanovo region, Ivanovo, Sheremetevsky ave., 7.

E-mail: danilova@isuct.ru

In recent years, scientists and engineers have been actively researching new methods for synthesizing and modifying pigments to improve their performance properties. One promising approach is the introduction of surfactants into pigment synthesis, which can significantly affect the color properties of final dye formulations. One of the most popular and sought-after pigments is Orange J, which is valued for its intense, bright color and exceptional lightfastness. The work investigated the influence of domestic surfactants on the color concentration of the released form of the Pigment orange 13. It was shown that with certain selections of surfactants, it is possible to increase the relative coloring concentration to 108%.

Keywords: pigment, color concentration, diazotization, azo coupling

Для цитирования:

Шарова А.Е., Иванов Е.Н., Данилова Е.А. Влияние поверхностно-активных веществ на колористические свойства Пигмента оранжевого Ж. *Современные наукоёмкие технологии. Региональное приложение*. 2025. № 4. С. 152-156. DOI: 10.6060/snt.20258404.00020.

For citation:

Sharova A.E., Ivanov E.N., Danilova E.A. The influence of surfactants on the coloristic properties of Pigment Orange 13. *Modern high technology. Regional application*. 2025. N 4. P. 152-156. DOI: 10.6060/snt.20258404.00020.

Азопигменты – высокодисперсные порошкообразные красящие вещества, нерастворимые в воде. Высокая дисперсность пигментов обеспечивает равномерное распределение и хорошую укрывистость покрытий, они обладают высокой светостойкостью и устойчивостью к кислотам, щелочам, окислителям и другим воздействиям. Современное состояние промышленности подтверждает значимость пигментов и расширяет их применение в качестве основного красящего материала не только в производстве красок и чернил, но и в других областях, включая полимерную, текстильную, бумажную, лакокрасочную, косметическую, фармацевтическую, пищевая промышленности [1-8].

Органические пигменты обычно существуют в виде агрегатов и в основном нерастворимы в воде или органических растворителях. Поэтому критический этап в производстве красок – это разрушение крупных агрегатов пигмента для достижения высокой интенсивности цвета и сильной укрывистости. Неравномерная дисперсия частиц пигмента может привести к различным дефектам, таким как всплывание, выцветание, изменение цвета, снижение блеска, флокуляция и осаждение [9, 10]. Для достижения равномерной дисперсии частиц пигмента в жидкой среде решающее значение имеет выбор диспергатора [11, 12]. В последние годы все более строгие экологические нормы стимулировали больший интерес исследователей к системам на водной основе [13-15]. Однако вода имеет более высокое поверхностное натяжение по сравнению с органическими растворителями, что затрудняет смачивание поверхности частиц пигмента [16]. Поэтому вопросы диспергирования пигментов в водной среде актуальны и сегодня.

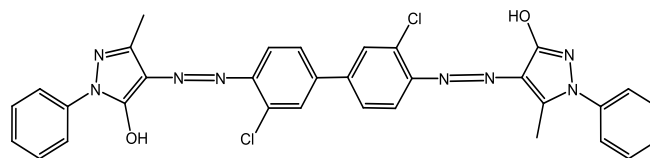
В настоящее время жесткая конкуренция на мировом рынке производства органических красителей и пигментов требует разрабатывать конкурентоспособные продукты, которые обладали бы определенным набором качественных характеристик (колористическая концентрация, цвет, интенсивность, укрывистость и пр.).

Одним из основных показателей качества выпускной формы пигмента является колористическая концентрация, которая определяет способность пигмента при смешении с другими компонентами влиять на цвет товарного продукта [17].

Этот показатель определяется природой, физическими характеристиками (размер частиц, преломление), составом системы и технологией применения пигмента. Известно, чем мельче частицы пигмента и лучше они диспергированы в связующем (например, в краске или пластике), тем выше

красящая способность, и, чем больше пигмента в составе, тем интенсивнее цвет, но после определенного предела (критической концентрации) дальнейшее добавление не усиливает окраску. Взаимодействие пигмента с основой может влиять на распределение и стабильность. Такие наполнители, как мел, тальк, разбавляют пигмент, снижая его концентрацию и красящую способность. И, напротив, диспергаторы и ПАВ повышают эффективность окраски. Установлено, что качественно приготовленный пигмент должен гарантировать хорошую дисперсность и присущие пигменту колористические свойства [18, 19].

Пигмент оранжевый Ж (Pigment Orange 13) применяется для офсетной, глубокой печати, печати на упаковке. В лакокрасочной промышленности им колеруют эмали общего назначения, ограниченно может применяться при производстве цветных полиэтилена и поливинилхлорида. Наиболее часто находит применение в производстве резины и резинотехнических изделий.



Обладая высокой светостойкостью и малой токсичностью в сравнении с неорганическими пигментами (свинцово-молибдатный крон), он имеет некоторые ограничения в применении из-за сложностей в диспергировании и стабильности.

Существуют различные способы диспергирования пигментов. Улучшения диспергируемости можно достичь за счет подбора специальных добавок или реагентов [20]. Такими являются ПАВ. В контексте их применения может быть значительно улучшено диспергирование пигментов, что положительно сказывается на их колористических характеристиках. ПАВ могут быть анионными, катионными, неионогенными или амфотерными, и каждый тип имеет свои особенности взаимодействия с пигментами.

Исследования показывают, что ПАВ могут не только улучшать диспергирование [21, 22]. Например, анионные ПАВ могут изменить заряд частиц пигмента, что влияет на их агрегацию и, соответственно, на цветовые характеристики. Это позволяет достигать более насыщенных и ярких оттенков цвета.

Поэтому выбор ПАВ для улучшения колористических характеристик отечественного Пигмента оранжевого Ж является актуальной задачей.

Известный способ получения Пигмента оранжевого Ж заключается в диазотировании суспензии 3,3'-дихлорбензидина и азосочетании раствора диазосоединения с раствором азосоставляющей - натриевой соли 1-фенил-3-метил-5-пиразола. После фильтрации и сушки колористическая концентрация пигмента составляет 100%.

Использование добавок ПАВ способствует регулированию роста и размеров кристаллов, что, в свою очередь, сказывается на изменении колористических характеристик пигментов. Механизм их действия основан на формировании тонких адсорбционных слоев на гранях кристалла, что приводит к уменьшению скорости роста частиц и, следовательно, приводит к увеличению центров кристалли-

зации. Нами предложено введение ПАВ как в раствор диазосоединения, так и в реакционную массу на стадии азосочетания.

Выбор ПАВ был обусловлен доступностью отечественных поверхностно-активных веществ, а их комбинация предполагает достичь синергического эффекта. Таким образом, в работе были использованы анионактивные ПАВ (Диспергатор О, Универсал ОТ и Смачиватель НБ) и неионогенные (Моющий Д, Универсал МС и Препарат ОС-20).

Экспериментальные данные по колористической концентрации в печатной краске приведены в таблице. Оценку колористической концентрации пигмента проводили в соответствии с ГОСТ 11279.1 [23].

Таблица

**Колористическая концентрация в печатной краске (Y) в серии экспериментов с применением ПАВ
Table. Color concentration in printing ink (Y) in a series of experiments using surfactants**

№	ПАВ на стадии		Y, %
	диазотирования	азосочетания	
анионактивные			
1	Диспергатор О	Смачиватель НБ	92,01
2	Диспергатор О	Универсал МС	100,77
3	Универсал ОТ	Смачиватель НБ	105,54
4	Диспергатор О	Универсал ОТ	107
неионогенные			
5	ОС-20	Смачиватель НБ	98,25
6	Моющий Д	Смачиватель НБ	105,27
7	ОС-20	Моющий Д	106,8
анионактивные		неионогенные	
8	Универсал ОТ	Моющий Д	101,72
неионогенные		анионактивные	
9	ОС-20	Универсал ОТ	102,6
11	ОС-20	Универсал ОТ	102,7
10	ОС-20	Диспергатор О	108

Полученные данные показывают, что использование ПАВ существенно влияет на колористическую концентрацию пигментных красок, достигая значений до 108%. Наибольшая эффективность достигается при комбинации неионогенных и анионактивных ПАВ, что объясняется их различными, но взаимодополняющими механизмами действия [24, 25]. Как отмечают исследователи [26], такое сочетание позволяет одновременно реализовать преимущества электростатической и стерической стабилизации.

Анионактивные ПАВ, такие как Диспергатор О и Универсал ОТ, содержащие заряженные гидрофильные группы, создают электростатический барьер между частицами пигмента. Этот эффект особенно выражен у Универсала ОТ, обладающего высокой адсорбционной способностью, что позво-

ляет достигать значений колористической концентрации 107%. В то же время неионогенные ПАВ, например, ОС-20 и Моющий Д, стабилизируют систему за счет стерического эффекта [27-28] - их длинные гидрофобные цепи образуют защитный слой вокруг частиц, предотвращая их слипание и обеспечивая значения до 106,8%.

Наилучший результат (Y=108%) получен при последовательном применении неионогенного ОС-20 на стадии диазотирования и анионактивного Диспергатора О на стадии азосочетания. Такая комбинация объединяет преимущества обоих типов стабилизации: ОС-20 обеспечивает начальное диспергирование за счет стерического эффекта, а Диспергатор О усиливает устойчивость системы благодаря электростатическому отталкиванию.

Особенности молекулярного строения используемых ПАВ играют ключевую роль в их эффективности. Диспергатор О, содержащий сульфогруппы, активно адсорбируется на поверхности пигмента, снижая энергию агрегации. ОС-20 с его полиоксиэтиленовыми цепями, формирует гидратную оболочку вокруг частиц, улучшая смачиваемость. Универсал ОТ, обладая выраженными эмульгирующими свойствами, способствует образованию устойчивых мицелл в краске.

Полученные результаты демонстрируют, что оптимальная колористическая концентрация достигается при грамотном подборе комбинации ПАВ с учетом их природы и механизмов действия.

Для синтеза Пигмента оранжевого Ж рекомендуется использовать неионогенный ОС-20 на стадии диазотирования и анионоактивный Диспергатор О на стадии азосочетания.

Дальнейшие исследования в этом направлении могут быть посвящены оптимизации соотношений ПАВ и изучению влияния их молекулярных характеристик на стабильность красок, что позволит еще больше повысить эффективность технологического процесса.

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

The authors declare the absence a conflict of interest warranting disclosure in this article.

ЛИТЕРАТУРА

1. Измайллов Б.И., Шарипов Р.М., Валеева Л.Д., Гадельшина Э.А., Вильданова А.И. Ассортимент применяемых красителей в текстильной промышленности. *Вестник технологического университета*. 2015. №18(5). С. 180–182.
2. Gotzmann R., Chlostova L. Высококачественные органические пигменты для лкм в ассортименте фирмы SYNTHESIA, A.S. *Лакокрасочные материалы и их применение*. 2011(10). С. 34–36.
3. Граница В.А. Состав пигментов для перманентного макияжа. *Universum: филология и искусствоведение*. 2022. № 3(93).
4. Barros C., Barros R.B.G. Natural and Organic Cosmetics: Definition and Concepts. 2020.
5. Алешина А.А., Козлова О.В., Мельников Б.Н. Современное состояние и перспективы развития пигментной печати. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2007. Т. 50. Вып. 6. С. 3–8.
6. Švara Fabjan E., Otoničar M., Gaberšček M., Sever Škapin A. Surface protection of an organic pigment based on a modification using a mixed-micelle system. *Dyes and Pigments*. 2016. N 127. P. 100–109. DOI: 10.1016/j.dyepig.2015.12.016.
7. Badgujar N.P., Bhoge Y.E., Deshpande T.D., Bhanvase B.A., Gogate P.R., Sonawane S.H., Kulkarni R.D. Ultrasound assisted organic pigment dispersion: advantages of ultrasound method over conventional method. *Pigment & Resin Technology*. 2015. N 44(4). P. 214–223. DOI: 10.1108/PRT-04-2014-0033.
8. Chen L., Bao Z., Fu Z., Li W. Preparation of pigment dispersion resin and stable colour paste. *Pigment & Resin Technology*. 2015. N 44(4). P. 193–197. DOI:10.1108/PRT-10-2014-0088.
9. Kigle-Boeckler G. Fundamentals of the Dispersion Process and Characterization of Coating Marterials Using Different Types of Dispersion Equipment. // *Surface Phenomena and Additives in Water-Based Coatings and Printing Technology* / M. K. Sharma. Boston, MA: Springer US, 1991. P. 255–268.
10. LUWEI F., MINGXING Y. In Situ Resonance Raman Spectra of Organic Pigments in Momo Coral. *Journal of China University of Geosciences*. 2008. N 19(2). P. 146–151. DOI:10.1016/S1002-0705(08)60033-3.
11. Sis H., Birinci M. Wetting and rheological characteristics of hydrophobic organic pigments in water in the presence of non-ionic surfactants. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2014. N 455(2). P. 58–66. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2014.04.042.

REFERENCES

1. Izmailov B.I., Sharipov R.M., Valeeva L.D., Gadelshina E.A., Vildanova A.I. Range of dyes used in the textile industry. *Bulletin of the Technological University*. 2015. N 18(5). P. 180–182.
2. Gotzmann R., Chlostova L. High-quality organic pigments for paints and varnishes in the range of SYNTHESIA, A.S. *Paints and varnishes and their application*. 2011(10). P. 34–36.
3. Granitsa V.A. Composition of pigments for permanent makeup. *Universum: Philology and Art Criticism*. 2022. N 3 (93).
4. Barros C., Barros R.B.G. Natural and Organic Cosmetics: Definition and Concepts. 2020.
5. Aleshina A.A., Kozlova O.V., Melnikov B.N. Current state and development prospects of pigment printing. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2007. V. 50. N 6. P. 3–8.
6. Švara Fabjan E., Otoničar M., Gaberšček M., Sever Škapin A. Surface protection of an organic pigment based on a modification using a mixed-micelle system. *Dyes and Pigments*. 2016. N 127. P. 100–109. DOI: 10.1016/j.dyepig.2015.12.016.
7. Badgujar N.P., Bhoge Y.E., Deshpande T.D., Bhanvase B.A., Gogate P.R., Sonawane S.H., Kulkarni R.D. Ultrasound assisted organic pigment dispersion: advantages of ultrasound method over conventional method. *Pigment & Resin Technology*. 2015. N 44(4). P. 214–223. DOI: 10.1108/PRT-04-2014-0033.
8. Chen L., Bao Z., Fu Z., Li W. Preparation of pigment dispersion resin and stable colour paste. *Pigment & Resin Technology*. 2015. N 44(4). P. 193–197. DOI:10.1108/PRT-10-2014-0088.
9. Kigle-Boeckler G. Fundamentals of the Dispersion Process and Characterization of Coating Marterials Using Different Types of Dispersion Equipment. // *Surface Phenomena and Additives in Water-Based Coatings and Printing Technology* / M. K. Sharma. Boston, MA: Springer US, 1991. P. 255–268.
10. LUWEI F., MINGXING Y. In Situ Resonance Raman Spectra of Organic Pigments in Momo Coral. *Journal of China University of Geosciences*. 2008. N 19(2). P. 146–151. DOI:10.1016/S1002-0705(08)60033-3.
11. Sis H., Birinci M. Wetting and rheological characteristics of hydrophobic organic pigments in water in the presence of non-ionic surfactants. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2014. N 455(2). P. 58–66. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2014.04.042.
12. Cheng W.T., Hsu C.W., Chih Y.W. Dispersion of organic pigments using supercritical carbon dioxide. *Journal of*

12. **Cheng W.T., Hsu C.W., Chih Y.W.** Dispersion of organic pigments using supercritical carbon dioxide. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2004. N 270(1). P. 106–112. DOI: 10.1016/j.jcis.2003.08.029.
13. **Hakeim O.A., Arafa A.A., Zahran M.K., Abdou L.A.W.** UV-curable encapsulation of surface—Modified organic pigments for inkjet printing of textiles. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2014. N 447. P. 172–182. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2014.01.075.
14. **Lewis P.A.** COLORED ORGANIC PIGMENTS. // *Applied Polymer Science: 21st Century*. Elsevier, 2000. P. 493–526.
15. *Industrial Organic Pigments / Comp. W. Herbst [et al.]. Wiley, 2004.*
16. **Liu L., Han A., Ye M., Feng W.** The evaluation of thermal performance of cool coatings colored with high near-infrared reflective nano-brown inorganic pigments: Magnesium doped ZnFe₂O₄ compounds. *Solar Energy*. 2015. N 113. P. 48–56. DOI: 10.1016/j.solener.2014.12.034.
17. **Леонтьева А.И., Субочева М.Ю., Орехов В.С.** Повышение эффективности отмывки паст азопигментов при использовании структурированной воды и наноматериалов. *Вестник Тамбовского государственного технического университета*. 2009. №15(3). P. 581–588.
18. **Müller F., Peukert W., Polke R., Stenger F.** Dispersing nanoparticles in liquids. *International Journal of Mineral Processing*. 2004. N 74(10). P. 31–41. DOI: 10.1016/j.minpro.2004.07.023.
19. **Gruneman H.** Trends in pigment preparations. *Pigment & Resin Technology*. 1986. N 15(2). P. 4–5. DOI:10.1108/eb042199.
20. **Agbo C., Jakpa W., Sarkodie B., Boakye A., Fu S.** A Review on the Mechanism of Pigment Dispersion. *Journal of Dispersion Science and Technology*. 2018. N 39(6). P. 874–889. DOI:10.1080/01932691.2017.1406367.
21. **Цимбалов А.С.** Влияние поверхностно-активных веществ на диспергирование и стабильность водомасляных эмульсий. *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*. 2018. № 3(55). С. 108–119.
22. **Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В.** Использование ТВВ для улучшения колористических характеристик окрасок прямыми красителями. *Изв. вузов. Серия Технология текстильной промышленности*. 2006. №4(292). С. 42–46.
23. ГОСТ 11279.1-83 Красители органические. Методы определения относительной красящей способности (концентрации), оттенка и чистоты окраски = Organic dyes. Testing methods of dyeability (concentration), shade and purity : государственный стандарт союза ССР – Москва : Госстандарт России, 1992.
24. **Абрамзон А.А.** Поверхностно-активные вещества: свойства и применение. Л.: Химия, 1981. 368 с.
25. **Agbo C., Jakpa W., Sarkodie B., Boakye A., Fu S.** A Review on the Mechanism of Pigment Dispersion. *Journal of Dispersion Science and Technology*. 2018. N 39(6). P. 874–889. DOI:10.1080/01932691.2017.1406367.
26. **Binks B.P., Horozov T.S.** Colloidal Particles at Liquid Interfaces / Сост. B.P. Binks [и др.]. Cambridge University Press, 2009. DOI:10.1017/CBO9780511536670.
27. **Chen L., Bao Z., Fu Z., Li W.** Preparation of pigment dispersion resin and stable colour paste. *Pigment & Resin Technology*. 2015. N 44(4). P. 193–197. DOI:10.1108/PRT-10-2014-0088.
28. **Кунин А.В., Ильин А.А., Морозов Л.Н., Смирнов Н.Н., Никифорова Т.Е., Прозоров Д.А., Румянцев Р.Н., Афинеевский А.В., Борисова О.А., Гришин И.С., Верес К.А., Курникова А.А., Габрин В.А., Гордина Н.Е.** // *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. Вып. 7. С. 132–150. DOI: 10.6060/ivkkt.20236607.6849j.
- Colloid and Interface Science*. 2004. N 270(1). P. 106–112. DOI: 10.1016/j.jcis.2003.08.029.
13. **Hakeim O.A., Arafa A.A., Zahran M.K., Abdou L.A.W.** UV-curable encapsulation of surface-Modified organic pigments for inkjet printing of textiles. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2014. N 447. P. 172–182. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2014.01.075.
14. **Lewis P.A.** COLORED ORGANIC PIGMENTS. // *Applied Polymer Science: 21st Century*. Elsevier, 2000. P. 493–526.
15. *Industrial Organic Pigments / Comp. W. Herbst [et al.]. Wiley, 2004.*
16. **Liu L., Han A., Ye M., Feng W.** The evaluation of thermal performance of cool coatings colored with high near-infrared reflective nano-brown inorganic pigments: Magnesium doped ZnFe₂O₄ compounds. *Solar Energy*. 2015. N 113. P. 48–56. DOI:10.1016/j.solener.2014.12.034.
17. **Leontyeva A.I., Subocheva M.Yu., Orekhov V.S.** Increasing the efficiency of washing off azo pigment pastes using structured water and nanomaterials. *Bulletin of Tambov State Technical University*. 2009. N 15(3). P. 581–588.
18. **Müller F., Peukert W., Polke R., Stenger F.** Dispersing nanoparticles in liquids. *International Journal of Mineral Processing*. 2004. N 74(10). P. 31–41. DOI: 10.1016/j.minpro.2004.07.023.
19. **Gruneman H.** Trends in pigment preparations. *Pigment & Resin Technology*. 1986. N 15(2). P. 4–5. DOI:10.1108/eb042199.
20. **Agbo C., Jakpa W., Sarkodie B., Boakye A., Fu S.** A Review on the Mechanism of Pigment Dispersion. *Journal of Dispersion Science and Technology*. 2018. N 39(6). P. 874–889. DOI:10.1080/01932691.2017.1406367.
21. **Tsymbalov A.S.** Effect of surfactants on dispersion and stability of water-oil emulsions. *Modern high technology. Regional application*. 2018. N 3 (55). P. 108–119.
22. **Vladimirtseva E.L., Sharnina L.V.** Using TVV to improve the coloristic characteristics of dyes with direct dyes. *News of universities. Series: Textile Industry Technology*. 2006. N 4 (292). P. 42–46.
23. GOST 11279.1-83 Organic dyes. Methods for determining relative coloring strength (concentration), shade, and purity = Organic dyes. Testing methods of dyeability (concentration), shade, and purity: State Standard of the USSR – Moscow: Gosstandart of Russia, 1992.
24. **Abramzon A.A.** Surfactants: properties and application. Leningrad: Chemistry, 1981, 368 p.
25. **Agbo C., Jakpa W., Sarkodie B., Boakye A., Fu S.** A Review on the Mechanism of Pigment Dispersion. *Journal of Dispersion Science and Technology*. 2018. N 39(6). P. 874–889. DOI: 10.1080/01932691.2017.1406367.
26. **Binks B.P., Horozov T.S.** Colloidal Particles at Liquid Interfaces / Comp. B.P. Binks [etc.]. Cambridge University Press, 2009. DOI:10.1017/CBO9780511536670.
27. **Chen L., Bao Z., Fu Z., Li W.** Preparation of pigment dispersion resin and stable colour paste. *Pigment & Resin Technology*. 2015. N 44(4). P. 193–197. DOI:10.1108/PRT-10-2014-0088.
28. **Kunin A.V., Ilyin A.A., Morozov L.N., Smirnov N.N., Nikiforova T.E., Prozorov D.A., Rumyantsev R.N., Afineevskiy A.V., Borisova O.A., Grishin I.S., Veres K.A., Kurnikova A.A., Gabrin V.A., Gordina N.E.** // *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2023. V. 66. N 7. P. 132–150. DOI: 10.6060/ivkkt.20236607. 6849j.

Поступила в редакцию(Received) 23.09.2025

Принята к опубликованию (Accepted) 30.10.2025