

УДОСКОНАЛЕННЯ СПОЖИВЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НЕПРОДОВОЛЬЧИХ ТОВАРІВ

УДК 667.647.22:519.876.3

Тарас КАРАВАЄВ

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДУ ВОДНО-ДИСПЕРСІЙНИХ ФАРБ І ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОКРИТТІВ

Розроблено склад водно-дисперсійних фарб із карбонатами та каолінами вітчизняних родовищ. Досліджено властивості як водно-дисперсійних фарб, так і покриттів з них. Оптимальний склад фарби та покриття з високими експлуатаційними властивостями отримано за допомогою симплексно-решіткового методу математичного планування експерименту.

Ключові слова: водно-дисперсійні фарби, наповнювачі, карбонати, каоліни, оптимізація, математичне планування, симплексно-решітковий метод.

Караваяев Т. Математическое моделирование состава водно-дисперсионных красок и свойств покрытий. Разработан состав водно-дисперсионных красок с карбонатами и каолинами отечественных месторождений. Исследованы свойства как водно-дисперсионных красок, так и покрытий из них. Оптимальный состав краски и покрытия с высокими эксплуатационными свойствами получен с помощью симплексно-решетчатого метода математического планирования эксперимента.

Ключевые слова: водно-дисперсионные краски, наполнители, карбонаты, каолины, оптимизация, математическое планирование, симплексно-решетчатый метод.

Постановка проблеми. На вітчизняному ринку все більшого розповсюдження набувають водно-дисперсійні фарби. Відсутність у складі шкідливих розчинників, зручність отримання покриттів, їх високі експлуатаційні властивості та інші переваги порівняно з фарбами на органічних розчинниках сприяють їх популяризації [1–3]. Значна роль у формуванні якості водно-дисперсійних фарб і покриттів належить мінеральним наповнювачам. Проведені дослідження показали, що крейди та каоліни українських родовищ є перспективними мінеральними наповнювачами водно-дисперсійних фарб [4–9].

© Тарас Караваяев, 2014

Стаття продовжує цикл публікацій, присвячених розробці складу водно-дисперсійних фарб з вітчизняними мінеральними наповнювачами та оцінці властивостей покриттів [10–12].

Мета дослідження – оптимізація складу мінеральних наповнювачів і пігментів водно-дисперсійних фарб і оцінка експлуатаційних властивостей покриттів.

Матеріали та методи. *Об'єкти дослідження* – водно-дисперсійні фарби різного складу з використанням вітчизняних карбонатів і каолінів з об'ємною концентрацією наповнювачів і пігментів ОКП 60 об. % (ОКП 60). Такий склад є наближеним до критичної об'ємної концентрації наповнювачів/пігментів (КОКП) і сприяє утворенню щільної упаковки частинок мінеральної фази в покритті. Сировинні компоненти водно-дисперсійних фарб детально описано в статтях [11; 12].

Для визначення оптимального складу водно-дисперсійних фарб та впливу наповнювачів і пігментів на властивості покриттів застосовано симплексно-решітковий метод математичного планування експерименту, зокрема D-оптимальний план Кіфера [13; 14]. Такі плани призначено для вивчення сумішевих композицій, властивості яких залежать лише від співвідношення компонентів. Оскільки при ОКП 60 у водно-дисперсійних фарбах вміст плівкоутворювача однаковий, то властивості покриттів визначатимуться переважно співвідношенням наповнювачів і пігментів.

$$\text{У цьому випадку виконується умова } \sum_{i=1}^q x_i = 1, \quad (1)$$

де $x_i \geq 0$ – концентрація компонента;
 q – кількість компонентів.

Як модель для трьохкомпонентної суміші обрано поліном третього порядку:

$$y = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 + \gamma_{12} x_1 x_2 (x_1 - x_2) + \gamma_{13} x_1 x_3 (x_1 - x_3) + \gamma_{23} x_2 x_3 (x_2 - x_3) + \beta_{123} x_1 x_2 x_3, \quad (2)$$

де x_i – концентрація компонентів;

$\beta_i, \beta_{ij}, \gamma_{ij}, \beta_{jk}$ – відповідні коефіцієнти поліному, причому $1 \leq (i, j, k) \leq 3$;
 $i \neq j \neq k$.

Після визначення коефіцієнтів рівняння регресії проводиться статистичний аналіз отриманих результатів і адекватність моделі перевіряється дослідом в додаткових контрольних точках за критерієм *Стюдента* [14; 15]. Отримані моделі дають змогу виявити вплив кожного компонента суміші на властивості всієї системи. Визначення оптимального складу покривної фарби можна здійснити графічним методом за кривими рівних значень властивостей на площині правильного симплексу.

Дослідження властивостей розроблених водно-дисперсійних фарб і отриманих покриттів проведено за стандартними методиками: ступінь перетиру фарб за ISO 1524:2013; динамічну в'язкість – на віскозиметрі *Брукфільда* моделі DV-E при температурі $(20\pm 2)^\circ\text{C}$; масову частку нелетких речовин – за ГОСТ 17537–72; час і ступінь висихання покриття за ГОСТ 19007–73; покривність фарб – за ГОСТ 8784–75; випробування на згин (навколо циліндричного стрижня) – за ДСТУ ISO 1519:2001; міцність на розрив – за ГОСТ 18299–72; адгезію до скла, бетону та інших мінеральних поверхонь – методом решіткових надрізів за ГОСТ 15140–78; стійкість покриттів до статичного впливу води – за ДСТУ ISO 2812-1:2001; блиск (під кутом 85°) – за ISO 2813:1994; стійкість покриттів до вологого стирання (за втратою маси, на основі якої розраховують середнє значення втрати товщини покриття) – за ISO 11998:2006; білизну за *Бергером* та індекс жовтизни за ASTM E313 [10].

Результати дослідження. Попередні дослідження показали, що підвищення вмісту каоліну до певної межі у водно-дисперсійних фарбах сприяє зростанню міцності на розрив плівок і стійкості покриттів до вологого стирання, проте знижує білизну й покривність. Підвищення вмісту двоокису титану, навпаки, знижує міцність і стійкість до вологого стирання, але підвищує білизну й покривність [10; 11]. Карбонати у встановленому співвідношенні утворюють основний каркас мінеральної фази, забезпечують щільну упаковку наповнювачів у полімерній матриці покриття [15]. Каолін підвищує міцність на розрив, стійкість до вологого стирання, проте після перевищення оптимального вмісту знижує покривність, підвищує ОКП фарби, водопоглинання покриття. Отже, для отримання високих експлуатаційних властивостей покриттів вміст зазначених складових у фарбах має бути оптимально збалансованим, що може забезпечуватися математичним плануванням.

За зазначеним симплексно-решітковим методом для систем, у яких факторний простір є правильним симплексом, виконується співвідношення (1), коли сума відносних концентрацій усіх компонентів суміші дорівнює одиниці, а відносна концентрація кожного компонента змінюється від 0 до 1, тобто в межах 0–100 %.

Оскільки при ОКП 60 у водно-дисперсійних фарбах вміст стирол-акрилової дисперсії однаковий (22.0 мас. %), то властивості покриттів визначатимуться переважно співвідношенням наповнювачів і пігментів.

Для математичного планування як компоненти брали карбонати (x_1) – суміш КНН (карбонатний наповнювач для норпластів) і крейду марки ММС-1 у співвідношенні 85.4 та 14.6 мас. %, яке забезпечує максимально щільну упаковку частинок у покритті, каолін КС-1 просянівський (x_2) та двоокис титану *Crimea* TiO_x-230 (x_3). Концентрації цих компонентів у досліджуваній композиції змінювались у межах 0–100 мас. %, тому планування експерименту та отримання його мате-

матичної моделі виконується в системі координат початкових компонентів. Як функції відгуку обрано експлуатаційні властивості покриттів: Y_1 – межа міцності на розрив, МПа; Y_2 – стійкість до вологого стирання (втрата товщини покриття), мкм; Y_3 – білизна за Бергером, од; Y_4 – покривність, г/м². План експерименту та значення функцій відгуку наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Характеристика плану експерименту для побудови математичної моделі

Номер варіанта дослідження	План			Значення функцій відгуку			
	x_1	x_2	x_3	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
1	1	0	0	7.95	5.1	22.3	870
2	0	1	0	9.81	8.7	12.8	1050
3	0	0	1	5.48	9.5	85.3	85
4	0.7236	0.2764	0	8.40	4.8	18.1	920
5	0.2764	0.7236	0	8.70	7.5	15.6	985
6	0.7236	0	0.2764	8.57	4.8	74.3	135
7	0.2764	0	0.7236	6.83	5.7	80.0	95
8	0	0.7236	0.2764	8.25	6.7	57.5	160
9	0	0.2764	0.7236	6.43	6.0	73.2	105
10	0.3333	0.3333	0.3333	7.30	5.0	67.4	120
11	0.22	0.22	0.56	6.40	5.3	77.3	110
12	0.22	0.56	0.22	9.25	4.2	66.5	175
13	0.56	0.22	0.22	8.42	4.7	68.0	160
14	0.44	0.12	0.44	7.12	5.5	75.1	115
15	0.44	0.44	0.12	8.83	4.3	56.4	280

Як модель для трикомпонентної системи використано поліном третього порядку (2), що дає змогу отримати рівняння залежності з достатньо високою точністю. Отримані моделі вихідних змінних мають вигляд:

$$Y_1 = 7.95x_1 + 9.81x_2 + 5.48x_3 - 1.65x_1x_2 + 4.92x_1x_3 - 1.53x_2x_3 + 2.97x_1x_2(x_1-x_2) + 3.55x_1x_3(x_1-x_3) - 0.65x_2x_3(x_2-x_3) - 17.31x_1x_2x_3; \quad (3)$$

$$Y_2 = 5.1x_1 + 8.7x_2 + 9.5x_3 - 3.75x_1x_2 - 10.25x_1x_3 - 13.75x_2x_3 - 6.09x_1x_2(x_1-x_2) + 5.97x_1x_3(x_1-x_3) + 5.91x_2x_3(x_2-x_3) + 8.55x_1x_2x_3; \quad (4)$$

$$Y_3 = 22.3x_1 + 12.8x_2 + 85.3x_3 - 3.5x_1x_2 + 116.75x_1x_3 + 81.50x_2x_3 - 9.77x_1x_2(x_1-x_2) + 125.63x_1x_3(x_1-x_3) + 93.48x_2x_3(x_2-x_3) + 151.99x_1x_2x_3; \quad (5)$$

$$Y_4 = 870x_1 + 1050x_2 + 85x_3 - 37.5x_1x_2 - 1812.5x_1x_3 - 2175x_2x_3 + 86.6x_1x_2(x_1-x_2) - 1738.9x_1x_3(x_1-x_3) - 2105x_2x_3(x_2-x_3) - 2730.3x_1x_2x_3. \quad (6)$$

Адекватність отриманих рівнянь перевірено за t -критерієм *Стьюдента*, використовуючи 5 контрольних точок (11–15) плану експерименту (див. *табл. 1*). При кількості дослідів ($N = 15$), паралельних дослідів ($n = 5$) і рівні значимості $p = 0.05$ табличне значення критерію *Стьюдента* $t_{\tau} = 2.13$. Для всіх контрольних точок t -співвідношення менше табличного, тобто моделі (3) – (6) є адекватними.

Для визначення впливу складу водно-дисперсійних фарб на властивості покриттів виконано відповідні розрахунки значень вихідних змінних і побудовано криві рівних значень експлуатаційних властивостей покриття на площині правильного симплекса в системі координат вихідних компонентів (*рис. 1*).

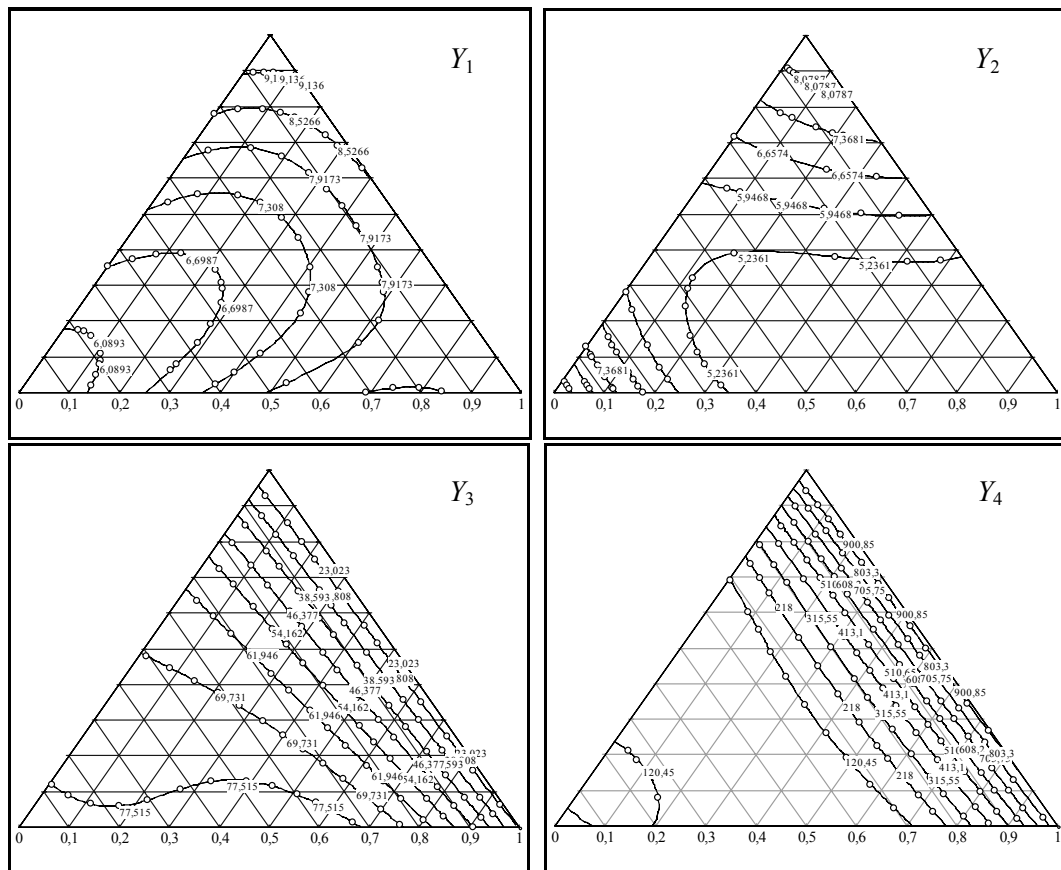


Рис. 1. Криві рівних значень експлуатаційних властивостей водно-дисперсійних покриттів, отриманих за математичними моделями

Практичне використання результатів графічної оптимізації регресійних моделей дає змогу визначити компромісний склад мінеральної частини (наповнювачів та пігментів) водно-дисперсійних фарб та оптимальні значення кожної вихідної змінної. За регресійним аналізом моделей (3) – (6) отримано компромісну область (заштрихована ділянка – *рис. 2*) з визначеними властивостями покриття: межа міцності на розрив (Y_1) – 7.50–8.50 МПа; стійкість до вологого стирання (Y_2) – 4.5–5.0 мкм; білизна за *Бергером* (Y_3) – 60.0–75.0 од; покритивність (Y_4) – 100–180 г/м².

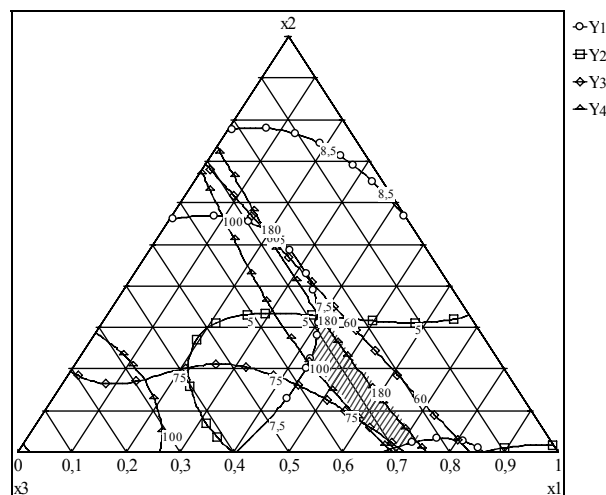


Рис. 2. Компромісна область складу водно-дисперсійних фарб і експлуатаційних властивостей покриттів

Визначений компромісний діапазон властивостей покриттів досягається при вмісті компонентів: суміш карбонатів КНН + ММС-1 (x_1) – 39.0–73.0 % (від мінеральної частини); каолін КС-1 (x_2) – 1.5–33.0 %; двоокис титану (x_3) – 24.5–35.0 %. Оптимальний склад мінеральної частини високонаповненої водно-дисперсійної фарби, визначений вибором точки на графічній компромісній області, буде таким: суміш карбонатів (КНН + ММС-1) – 56.1 %; каолін КС-1 – 15.2 %; двоокис титану – 28.7 %.

Вміст зазначених компонентів від загального складу фарби становитиме: карбонати – 25.10 мас. % (21.44 КНН + 3.66 ММС-1); каолін КС-1 – 6.80 мас. %; двоокис титану – 12.83 мас. %. При цьому складі водно-дисперсійної фарби, згідно з результатами регресійного аналізу математичних моделей, отримані покриття матимуть такі компромісні властивості: межа міцності на розрив – 7.93 МПа; стійкість до вологого стирання – 4.6 мкм; білизна за Бергером – 70.0 од; покривність – 145 г/м².

За отриманими даними розроблено сім варіантів складу водно-дисперсійних фарб з ОКП 60 ля внутрішніх і зовнішніх робіт, включаючи визначений за регресійним аналізом, склад яких за основними компонентами представлено в *табл. 2*. Властивості розроблених водно-дисперсійних фарб наведено в *табл. 3*. Експлуатаційні властивості покриттів для внутрішніх і зовнішніх робіт представлено в *табл. 4*.

Наповнювач КНН і крейду ММС-1 введено до складу водно-дисперсійних фарб у визначеному за математичною моделлю співвідношенні – 85.4 : 14.6 мас. %. Для підвищення білизни й зниження жовтизни покриттів до складу всіх фарб додано пігмент ультрамарин синій (0.11 % від маси наповнювачів), що підвищило білизну покриттів за Бергером на 6–8 од. Фарби містять метилсілікат калію (ГКЖ-11к) у кількості 0.50 мас. %.

Таблиця 2

**Склад водно-дисперсійних фарб для внутрішніх
і зовнішніх робіт з ОКП 60**

Компонент	Вміст основних компонентів, мас. % у варіантах дослідів						
	1	2	3	4	5 (opt)	6	7
Карбонатний наповнювач для норпластів	26.05	21.86	22.20	20.33	21.44	19.04	18.79
Крейда ММС-1	4.45	3.74	3.80	3.47	3.66	3.26	3.21
Каолін КС-1 просянівський	7.00	–	8.00	10.00	6.80	8.00	7.00
Каолін КНФ-86	–	10.00	–	–	–	–	–
Двоокис титану <i>Crimea TiO₂-230</i>	5.00	7.50	10.00	10.00	12.83	15.00	17.00
Диспергатор <i>Axilat 32S</i>	0.20	0.24	0.27	0.27	0.29	0.33	0.37
Плівкоутворювач (стирол-акрилова дисперсія <i>Ucar DL 450</i>)	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
Біоцид плівковий (<i>Polyphase 899</i>)	–	–	–	–	0.40	0.50	–

Таблиця 3

Властивості водно-дисперсійних фарб

Показник	Варіант дослідів залежно від складу фарби						
	1	2	3	4	5	6	7
Ступінь перетиру, мкм	60 ± 10				50 ± 10		
В'язкість за <i>Брукфільдом</i> (20 об/хв.), Па*с	5.8	6.4	6.0	6.1	5.7	5.7	5.6
Час висихання до ступеня 3 при 20 °С, хв	30–35						
Вміст сухих речовин, мас. %	55.0	55.7	56.7	56.8	56.9	58.1	58.4

Таблиця 4

**Експлуатаційні властивості покриттів з водно-дисперсійних фарб
з ОКП 60 для внутрішніх і зовнішніх робіт**

Показник	Варіант дослідження залежно від складу фарби						
	1	2	3	4	5	6	7
Покривність (на суху плівку), г/м ²	250–260	210–220	150–155	150–155	135–140	115–120	100–110
Міцність на згин, мм	1.0						
Міцність плівки на розрив, МПа	8.63	8.40	8.50	8.65	8.05	7.74	7.53
Адгезія до скла, бетону, цементно-піщаної штукатурки тощо, балів	1.0						
Стійкість до вологого стирання (втрата товщини покриття), мкм	5.8	5.6	4.8	5.0	4.8	5.5	5.7
Білизна за <i>Бергером</i> , од.	58.2	63.0	70.5	70.1	73.5	74.1	75.0
Індекс жовтизни за ASTM E313	8.5	7.7	6.5	6.8	5.7	5.2	4.8
Блиск під кутом 85°, од.	6.0	6.3	7.2	7.6	8.1	8.4	8.6
Стійкість до статичного впливу води	Витримує покриття без видимих ознак погіршення якості						
Водопоглинання, мас. % за 24 год	10.6	12.0	11.1	12.2	10.8	11.4	11.0
Крайовий кут змочування, град	88	91	90	92	89	85	87

Усі водно-дисперсійні фарби з ОКП 60 можуть застосовуватися для внутрішніх і зовнішніх стін і стелі з бетону, цегли, піщано-цементної штукатурки, деревини, деревних і гіпсокартонних плит. Запропоновані склади фарб утворюють покриття, стійкі до багаторазового вологого прибирання та миття з використанням миючих засобів, і рекомендуються для приміщень із підвищеним експлуатаційним навантаженням. Фарби з ОКП 60 знаходяться на рівні КОКП, тому утворюють покриття з рівнем блиску від 6.0 до 8.6 од (під кутом 85 °), які відносяться до матових за класифікацією ДСТУ EN 13300:2012.

Варіант складу фарби № 1 має обмежене застосування як фінішне покриття через невисоку білизну (58.2 од.) та низьку покривність (250–260 г/м²). Проте висока адгезія до різних матеріалів (1 бал) уможливує використання фарби такого складу як ґрунтовку для пористих поверхонь із метою вирівнювання кольору та зниження її поглинальної здатності перед нанесенням фінішного покриття. Фарба може використовуватися для отримання фінішного покриття після забарвлення пігментними концентратами в темні кольори.

Фарби варіантів складу № 1–4 призначені для сухих приміщень, в яких не відбувається значний перепад температури й вологості. Для приміщень із підвищеною вологістю (ванна кімната, кухня, неопалювана веранда, балкон тощо), а також поверхонь, на яких може відбуватися конденсація вологи (відкоси біля зовнішніх вікон і дверей, балкони тощо), необхідно застосовувати фарби варіантів складу № 5 і № 6, оскільки вони містять плівковий консервант, який захищає покриття від руйнування мікроорганізмами, що можуть розвиватися на зволоженій поверхні. Фарба складу № 6 може також використовуватися для зовнішніх робіт.

Оптимальним складом водно-дисперсійної фарби є отриманий за результатами математичного планування варіант № 5. Фарба може застосовуватися для покриттів всередині й зовні приміщень, уможливує отримати покриття з компромісними властивостями (високою білизною за *Бергером* (73.5 од), стійкістю до вологого стирання (втрата товщини покриття 4.8 мкм) при достатній покривності (135–140 г/м²) та міцності плівок на розрив (8.05 МПа) (див. *табл. 4*).

Відмітною особливістю покриттів є висока стійкість до вологого стирання. Втрата товщини покриття після 200 циклів вологого стирання за ISO 11998:2006 становить 4.8 мкм. За цим показником покриття відноситься до 1-го найвищого класу за ДСТУ EN 13300:2012.

Результати експериментальних досліджень показали деяку відмінність даних експлуатаційних властивостей покриттів від розрахованих за результатами математичного планування. Так, експериментальні дані вищі від розрахованих за показниками білизни за *Бергером*, міцності на розрив і покривності, а нижчі – за стійкістю до вологого

стирання. Однак виявлені розбіжності перебувають у межах допустимої похибки експерименту.

Підвищення вмісту двоокису титану в фарбах варіантів № 6 і № 7 до 15.0 та 17.0 мас. % відповідно приводить до незначного підвищення білизни та покривності, проте знижує стійкість до вологого стирання й підвищує собівартість фарби.

Висновки. Застосування симплексно-решіткового методу математичного планування експерименту дало змогу обґрунтувати та отримати оптимальний склад водно-дисперсійної фарби з ОКП 60 об. %, покриття на основі якої мають компромісно високі експлуатаційні властивості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Свидерский В. А.* Состояние, структура и перспективы развития рынка лакокрасочной продукции в Украине / В. А. Свидерский, Т. А. Караваев // Лакокрасочные материалы и их применение. — 2010. — № 9. — С. 8—16.
2. *Karavayev T.* Solventbased paints still dominate (An overview of the Ukrainian paint and coatings market) / T. Karavayev // European Coatings Journal. — 2012. — Vol. 11. — P. 12—13.
3. *Караваев Т.* Ринок лакофарбових матеріалів в Україні: стан, проблеми, перспективи / Т. Караваев // Покраска профессиональная. — 2012. — № 6. — С. 34—36.
4. *Свідерський В. А.* Дисперсність та структура карбонатних наповнювачів для водно-дисперсійних фарб / В. А. Свідерський, Т. А. Караваев // Вісн. Черкас. держ. технол. ун-ту. — 2012. — № 2. — С. 102—108.
5. *Караваев Т. А.* Особливості хімічного складу та структури вітчизняних і закордонних карбонатних наповнювачів / Т. А. Караваев, В. А. Свідерський // Вісн. нац. техн. ун-ту "ХПІ" : зб. наук. пр. — 2012. — № 32. — С. 116—124.
6. *Караваев Т. А.* Властивості поверхні карбонатних наповнювачів / Т. А. Караваев, В. А. Свідерський, І. В. Земляной // Вісн. Черкас. держ. технол. ун-ту. — 2012. — № 4. — С. 95—100.
7. *Караваев Т. А.* Дисперсність і структура каолінів українських родовищ / Т. А. Караваев, В. А. Свідерський // Керамика: наука и жизнь. — 2012. — № 1—2 (15—16). — С. 4—10.
8. *Sviderskyi V.* Composition and Physical-Chemical Properties of Ukrainian Kaolins Surface / V. Sviderskyi, T. Karavayev // Chemistry and Chemical Technology. — 2013. — Vol. 7, N 2. — P. 197—203.
9. *Караваев Т. А.* Свойства поверхности каолинов / Т. А. Караваев, В. А. Свидерский // Техника и технология силикатов. — 2013. — Т. 20, № 4. — С. 11—16.
10. *Караваев Т.* Естетичні властивості покриттів з водно-дисперсійних фарб / Т. Караваев, В. Свідерський // Міжнар. наук.-практ. журн. "Товари і ринки". — 2012. — № 2. — С. 180—190.

11. *Караваєв Т.* Міцність плівок з водно-дисперсійних фарб, наповнених карбонатами і каолінами / Т. Караваєв, В. Свідерський // Міжнар. наук.-практ. журн. "Товари і ринки". — 2013. — № 2. — С. 139—148.
12. *Караваєв Т. А.* Визначення критичної об'ємної концентрації наповнювача у водно-дисперсійних фарбах / Т. А. Караваєв, В. А. Свідерський // Вісн. Черкас. держ. технол. ун-ту. — 2013. — № 4. — С. 141—149. — (Серія "Технічні науки").
13. *Шахназарова С. Л.* Методы оптимизации эксперимента в химической технологии / С. Л. Шахназарова, В. В. Кафаров. — М. : Высш. школа, 1985. — 327 с.
14. *Зедгинидзе И. Г.* Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем / И. Г. Зедгинидзе. — М. : Наука, 1976. — 390 с.
15. *Караваєв Т. А.* Математичні моделі для розрахунку щільності упаковки наповнювачів у лакофарбовому покритті / Т. А. Караваєв, В. І. Денисенко : матеріали І Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. ["Актуальні проблеми теорії і практики експертизи товарів"], (м. Полтава 18–20 берез. 2014 р.). — Полтава : ПУЕТ, 2014. — С. 165—168.

Стаття надійшла до редакції 17.04.2014.

Karavayev T. Mathematic modeling of water-dispersion paints composition and coating properties.

Background. Mineral fillers promising among them are chalk and kaolin of Ukrainian origin has significant influence on quality formation of water-dispersion paints and coatings. Mathematical experiment planning is an effective method of optimizing the water-dispersion paints composition and forecasting performance properties of the coating, which is the purpose of the article.

Material and methods. The object of study is the highly filled water-dispersion paints of different compositions with 60 % pigment volume concentration. The simplex-lattice method of experiment mathematical planning including D-optimal plan Kiefer is applied to determine the optimal composition of the water-dispersion paints and coatings properties. Research of quality indices of water-dispersion paints and coatings properties determine according to national and international standards.

Results. By regression analysis of mathematical models was obtained compromise region of water-dispersion coatings properties: film tensile strength (Y_1) – 7.50–8.50 MPa; resistance to wet abrasion (loss of coating thickness) (Y_2) – 4.5–5.0 microns; whiteness by Berger (Y_3) – 60.0–75.0 units; hiding power (Y_4) – 100–180 g/m². The optimum composition of mineral fillers and pigments of water-dispersion is determined by the choice of compromise on the graphics area are: the mixture of carbonates (carbonate filler for plastics + chalk grade MMC-1) – 56.1 wt. %; kaolin KC-1 Prosyana – 15.2 wt. %; titanium Dioxide *Crimea* TiO_x-230 – 28.7 wt. %. The obtained coating at this composition of paint according to mathematical modeling will have the film tensile strength – 7.93 MPa; resistance to wet abrasion – 4.6 microns; whiteness by *Berger* – 70.0 units; hiding power – 145 g/m². It was found that the experimental data of coatings performance properties differ from the results obtained by mathematical planning within acceptable error of experiment.

Conclusion. Application of simplex-lattice method of experiment mathematical planning made it possible to obtain an optimal composition of water-dispersion paints with PVC 60 % coatings from which have the compromise high performance properties.

Keywords: water-dispersion paints, fillers, carbonates, kaolin, optimization, mathematical planning, simplex-lattice method.

REFERENCES

1. *Sviderskij V. A.* Sostojanie, struktura i perspektivy razvitija rynka lakokrasochnoj produkcii v Ukraine / V. A. Sviderskij, T. A. Karavaev // *Lakokrasochnye materialy i ih primenenie.* — 2010. — № 9. — S. 8—16.
2. *Karavajev T.* Solventbased paints still dominate (An overview of the Ukrainian paint and coatings market) / T. Karavajev // *European Coatings Journal.* — 2012. — Vol. 11. — P. 12—13.
3. *Karavajev T.* Rynok lakofarbovyh materialiv v Ukraini: stan, problemy, perspektyvy / T. Karavajev // *Pokraska professyonal'naja.* — 2012. — № 6. — S. 34—36.
4. *Sviders'kyj V. A.* Dyspersnist' ta struktura karbonatnyh napovnjuvachiv dlja vodno-dyspersijnyh farb / V. A. Sviders'kyj, T. A. Karavajev // *Visn. Cherkas. derzh. tehnol. un-tu.* — 2012. — № 2. — S. 102—108.
5. *Karavajev T. A.* Osoblyvosti himichnogo skladu ta struktury vitchyznjanyh i zakordonnyh karbonatnyh napovnjuvachiv / T. A. Karavajev, V. A. Sviders'kyj // *Visn. nac. tehn. un-tu "HPI" : zb. nauk. pr.* — 2012. — № 32. — S. 116—124.
6. *Karavajev T. A.* Vlastyvoli poverhni karbonatnyh napovnjuvachiv / T. A. Karavajev, V. A. Sviders'kyj, I. V. Zemljanoj // *Visn. Cherkas. derzh. tehnol. un-tu.* — 2012. — № 4. — S. 95—100.
7. *Karavajev T. A.* Dyspersnist' i struktura kaoliniv ukrai'ns'kyh rodovyshh / T. A. Karavajev, V. A. Sviders'kyj // *Keramyka: nauka y zhyzn'.* — 2012. — № 1—2 (15—16). — S. 4—10.
8. *Sviderskyi V.* Composition and Physical-Chemical Properties of Ukrainian Kaolins Surface / V. Sviderskyi, T. Karavajev // *Chemistry and Chemical Technology.* — 2013. — Vol. 7, N 2. — P. 197—203.
9. *Karavaev T. A.* Svojstva poverhnosti kaolinov / T. A. Karavaev, V. A. Sviderskij // *Tehnika i tehnologija silikatov.* — 2013. — T. 20, № 4. — S. 11—16.
10. *Karavajev T.* Estetychni vlastyvoli pokryttiv z vodno-dyspersijnyh farb / T. Karavajev, V. Sviders'kyj // *Mizhnar. nauk.-prakt. zhurn. "Tovary i rynky".* — 2012. — № 2. — S. 180—190.
11. *Karavajev T.* Micnist' plivok z vodno-dyspersijnyh farb, napovnenykh karbonatamy i kaolinamy / T. Karavajev, V. Sviders'kyj // *Mizhnar. nauk.-prakt. zhurn. "Tovary i rynky".* — 2013. — № 2. — S. 139—148.
12. *Karavajev T. A.* Vyznachennja krytychnoi' ob'jemnoi' koncentracii' napovnjuvacha u vodno-dyspersijnyh farbah / T. A. Karavajev, V. A. Sviders'kyj // *Visn. Cherkas. derzh. tehnol. un-tu.* — 2013. — № 4. — S. 141—149. — (Serija "Tehichni nauky").
13. *Shahnazarova S. L.* Metody optimizacii jeksperimenta v himicheskoy tehnologii / S. L. Shahnazarova, V. V. Kafarov. — M. : Vyssh. shkola, 1985. — 327 s.
14. *Zedginidze I. G.* Planirovanie jeksperimenta dlja issledovanija mnogokomponentnyh sistem / I. G. Zedginidze. — M. : Nauka, 1976. — 390 s.
15. *Karavajev T. A.* Matematychni modeli dlja rozrahunku shhil'nosti upakovky napovnjuvachiv u lakofarbovomu pokrytti / T. A. Karavajev, V. I. Denysenko : materialy I Mizhnar. nauk.-prakt. internet-konf. ["Aktual'ni problemy teorii' i praktyky ekspertyzy tovariv"], (m. Poltava 18—20 berez. 2014 r.). — Poltava : PUET, 2014. — S. 165—168.