

О. Ю. ФЕДОРЕНКО, М. І. РИЩЕНКО, Л. В. ПРИСЯЖНА

РОЗРОБКА МАС ДЛЯ ОТРИМАННЯ КЛІНКЕРНОЇ КЕРАМІКИ ШИРОКОЇ КОЛЬОРОВОЇ ГАМИ

В роботі представлені результати досліджень, спрямовані на розробку і оптимізацію складів мас для виготовлення клінкерної керамічної цегли з використанням техногенних матеріалів. Визначено раціональне співвідношення компонентів сировинних сумішей, яке забезпечує формування щільноспеченої структури матеріалів без ознак високотемпературної деформації та отримання висококомірних виробів широкої кольорової гами при температурі 1100 °С.

Ключові слова: клінкерні керамічні матеріали, полімінеральна глиниста сировина, інтенсифікатори спікання, кольороутворюючі фази, водопоглинання, міцність на стиск, морозостійкість

В работе представлены результаты исследований, направленных на разработку и оптимизацию составов масс для изготовления клинкерного керамического кирпича. Определено рациональное соотношение компонентов сырьевых смесей, обеспечивающее формирование плотно-спеченной структуры материалов без признаков высокотемпературной деформации и получение высокопрочных изделий широкой цветовой гаммы при температуре 1100 °С.

Ключевые слова: клинкерные керамические материалы, полиминеральная глинистая сырьё, интенсификаторы спекания, цветообразующие фазы, водопоглощение, прочность на сжатие, морозостойкость

The paper presents the research results aimed at the development and optimization of the masses for the clinker ceramic brick production. Rational ratio of the components of raw mixtures that ensures the formation hard sintered material structure without signs of high-temperature deformation and get the products with high durability and wide color range at a temperature of 1100 °С.

Keywords: clinker ceramic materials, polymineral clays, sintering intensifier, color-shaping phases, water absorption, compressive strength, frost resistance.

Вступ. Клінкерні керамічні матеріали застосовують для спорудження та облицювання будівель, облаштування доріг, тротуарів та паркових доріжок. Завдяки високим механічним властивостям, морозостійкості та кольоростійкості та довговічності клінкерна кераміка посідає сьогодні вищий якісний щабель серед будівельних матеріалів аналогічного призначення. Клінкерна цегла та плитка вважається матеріалом еліт-класу, який є найбільш затребуваним високоестетичним та екологічно безпечним та таким, що не вимагає додаткової обробки після завершення будівництва.

Клінкерна кераміка повинна задовольняти жорсткі вимоги діючого стандарту [1] та відповідати за кольоровою гамою вимогам сучасних напрямків в дизайні та архітектурі. При цьому важливим є зниження собівартості виробів за рахунок розвитку нових ресурсозберігаючих технологій та застосування доступних сировинних матеріалів.

Основною сировиною для отримання високоякісних керамічних клінкерних виробів є пластичні тугоплавкі глини, які здатні спікатись та утворювати щільноспечений матеріал при відносно невисоких температурах (до 1100 °С). Важливою вимогою до глинистої сировини в технології клінкерної кераміки є широкий інтервал спеченого стану, в якому водопоглинання продуктів випалу не повинне перевищувати

4 % та 6 % для дорожнього та стінового клінкеру відповідно. Проте більшість широко розповсюджених глин є полімінеральними не спікливими або легкоплавкими (із занадто вузьким інтервалом спеченого стану). Вирішення задачі їх використання в технології керамічного клінкеру є важливою та актуальною.

Для використання клінкерної кераміки у художньо-архітектурній сфері важливим є

розширення кольорової гами виробів, оскільки плитка і цегла широко використовується як декоративний елемент облицювання фасадів будівель, а також у ландшафтному дизайні [2]. Для отримання бажаної колірної палітри клінкерних виробів необхідною є розробка нових керамічних мас.

Найбільш ефективним напрямком для вирішення цієї задачі є застосування методу забарвлення в масі, який реалізується шляхом комбінування глин, які містять різну кількість барвних оксидів. Цей метод у порівнянні із забарвленням поверхні стінової кераміки шляхом ангобування [3, 4] має певні переваги, оскільки утворення сколів на поверхні кладки не призводить до втрати естетичної привабливості.

Ефективним способом забарвлення керамічного клінкеру є також введення добавок, що містять кольороутворюючі сполуки. На відміну від керамічних пігментів, використання яких викликає суттєве збільшення собівартості клінкерних виробів, залучення до виробництва техногенної сировини, здатної виконувати роль пігментів, є безумовно привабливим, про що свідчить наявність відповідних розробок [5–7]. Але зважаючи на несталість хімічного складу вторинних сировинних матеріалів, їх використання вимагає зважених технологічних рішень.

Метою досліджень є розробка керамічних мас на основі низькосортних полімінеральних глин для отримання клінкерних виробів широкої кольорової гами з використанням техногенної сировини.

Методика проведення експеримента.

Як основні сировинні матеріали використовували полімінеральну неспікливу глину Лужківського родовища та каолініто-гідрослюдисту глину Аремівського родовища. Як добавки для інтенсифікації спікання та фазоутворення застосовували відхід збагачення пегматитів (ТОВ

«Георесурс») та відхід виробництва феротитану (НВП ТОВ «Матеко»). Хімічний склад сировини надано в табл.1. При розробці клін-керних мас застосовано потрійний симплекс, в якому факторами X_i ($i = 1...3$) обрано вміст сировинних матеріалів, що входять до складу мас: глини артемівської (ГА), відходу виробництва феротитану (ТВ) НВП ТОВ «Матеко» та відходу збагачення пегматитів (ПВ) ТОВ «Георесурс». При цьому вміст неспікливої полімінеральної глини Лужківського родовища (Харківська обл.) залишався сталим і дорівнював 40 мас. %.

Таблиця 1 – Хімічний склад сировинних матеріалів

Сировинні матеріали	Вміст оксидів за хіманалізмом, мас. %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	в.п.п
Глина Лужківська	62,52	13,41	6,16	0,88	1,32	0,69	0,81	1,49	6,10
Глина Артемівська	72,70	19,30	1,12	1,28	0,6	-	0,82	1,95	5,00
Відходи виробництва феротитану	-	78,70	1,30	20,00	-	-	-	-	-
Відходи збагачення пегматитів	74,55	14,29	0,74	0,08	0,45	0,25	4,48	4,41	0,75

При проектуванні складів клінкерних мас, які містять більше двох компонентів, доцільним є застосування методу факторного планування експерименту, а саме планів Шефе. З урахуванням можливої нелінійності аналітичної залежності „склад – властивість” для побудови симплексної решітки обрано спеціальну кубічну модель неповного 3-го порядку. Область факторного простору, в якій проводили експеримент, наведена рис.1. План-матриця експерименту в натуральному масштабі факторів подана в табл.2.

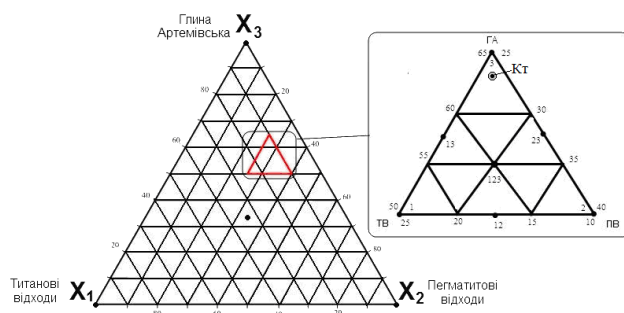


Рис. 1 – Область дослідного факторного простору

При реалізації планованого експерименту як відгуки розглядали основні характеристики клінкерних виробів: водопоглинання та міцність на стиск.

Таблиця 2 – Натуральний план експерименту

Шифр зразка	Вміст компонентів, мас. %		
	Відхід виробництва феротитану НВП ТОВ «Матеко»	Відхід збагачення пегматитів ТОВ «Георесурс»	Глина артемівська каолініто-гідрослюдиста
1	25,0	25,0	50,0
2	10,0	40,0	50,0
3	10,0	25,0	65,0
12	17,5	32,5	50,0
13	10,0	32,5	57,5
23	17,5	25,0	57,5
123	15,0	30,0	55,0

Експериментально-статистичні моделі будували у вигляді спеціальних кубічних моделей, які мають наступний загальний вигляд:

$$y = \sum b_i x_i + \sum b_{ij} x_i x_j + \sum b_{ijk} x_i x_j x_k, \quad (1)$$

де b_i , b_{ij} , b_{ijk} – коефіцієнти поліному; x_i , x_j , x_k – кодовані значення факторів.

Наведене рівняння для даного випадку справедливо за наступних умов: $1 \leq i < j < k$ ($i = 1...3$). Для даної спеціальної кубічної моделі коефіцієнти розраховували за наступними формулами:

$$b_i = y_i, \quad (2)$$

$$b_{ij} = 4y_{ij} - 2y_i - 2y_j, \quad (3)$$

$$b_{ijk} = 27y_{ijk} - 12(y_{ij} + y_{ik} + y_{jk}) + 3(y_i + y_j + y_k) \quad (4)$$

Для перевірки адекватності моделі використовували контрольну точку K_T , склад якої позначений фігуративною точкою на діаграмі (див. рис. 1). Адекватність моделей оцінювали за R -критерієм:

$$R = \frac{|y_e - y_p|}{y_e} \cdot 100\%, \quad (5)$$

де y_e – експериментальне значення вихідного параметру; y_p – розрахункове значення вихідного параметру, отримане зарівнянням регресії.

Керамічні маси готували за пластичною технологією. Зразки формували з мас з вологістю 21 % та після сушки до залишкової вологості 2 % випалювали в муфельній печі при 1100 °С в слабо окислювальному середовищі. Для дослідження властивостей зразків використовували стандартні методики визначення фізико-механічних та експлуатаційних характеристик у відповідності із нормативно-технічними документами на клінкерну керамічну цеглу [1]. Визначення характеристик колірності клінкерних виробів здійснювали за допомогою приладу *Chroma meter CR-410* за кольоровою системою $L^* a^* b^*$ (*Farbsystem*).

Результати експерименту та їх обговорення.

Статистична обробка експериментальних даних, виконана за допомогою стандартного інженерного пакету „*STATISTICA*”, дозволила отримати рівняння регресії, які адекватно описують залежності водопоглинання та міцності на стиск отриманих матеріалів від їх складу:

$$W (\%) = 4,9 \cdot X_1 + 2,52 \cdot X_2 + 2,83 \cdot X_3 + 1,96 \cdot X_1 \cdot X_2 - R = 3,5 \% \quad (6)$$

$$-2,54 \cdot X_1 \cdot X_3 + 4,62 \cdot X_2 \cdot X_3 - 3,12 \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3$$

$$\sigma_{ст} (\text{МПа}) = 40 \cdot X_1 + 38 \cdot X_2 + 70 \cdot X_3 + 116 \cdot X_1 \cdot X_2 + R = 4,0 \% \quad (7)$$

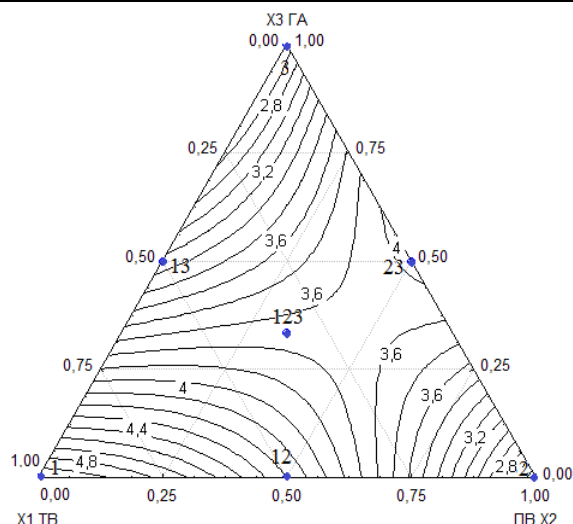
$$+ 16 \cdot X_1 \cdot X_3 + 56 \cdot X_2 \cdot X_3 - 600 \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3$$

Графічна інтерпретація отриманих залежностей представлена на рис. 2. Як видно з рис.2а, із збільшенням вмісту флюсоуючої складової (пегматитового відходу) водопоглинання зразків зменшується внаслідок інтенсивного спікання за рахунок утворення необхідної кількості розплаву. Із збільшенням вмісту артемівської глини у складі мас спостерігається незначне зменшення водопоглинання зразків. Аналіз рис.2б свідчить про те, що в дослідному факторному просторі спостерігається дві області складів, які забезпечують максимальні показники міцності зразків. Перша область характеризується вмістом артемівської глини 34,5÷39,0 мас. % (при цьому вміст відходу збагачення пегматиту не повинен перевищувати 18 мас. %). Друга область розташована в наступних межах концентрації компонентів, мас %: глина артемівська – 30÷32, пегматитовий відхід – 17÷22, відхід феро-титанового виробництва – 8÷12. Це можна пояснити тим, що при введенні артемівської глини збільшується вміст оксиду алюмінію у складі маси, який є джерелом утворення мулітової фази.

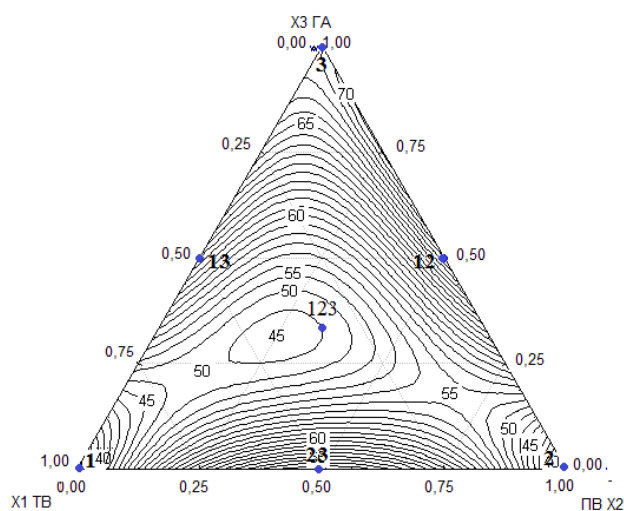
Як видно з поданих даних, введення відходу феро-титанового виробництва, що містить 78,7 мас. % Al_2O_3 дозволяє частково замінити біловипалювальну глину за умови збільшення вмісту флюсоуючої складової (відходу збагачення пегматитів). У протилежному випадку підвищення міцності не відбувається, оскільки зразки не досягають максимального ступеню спікання внаслідок недостатньої кількості розплаву (при цьому водопоглинання зразків зростає майже вдвічі).

Взагалі ж з використанням розроблених мас 1 та 12 можуть бути виготовлені клінкерна цегла, яка за рівнем спікання та показниками міцності задовольняє вимоги ДСТУ Б В. 2.7-245:2010 для стінових клінкерних виробів. Натомість на основі мас 2, 3, 13, 23 та 123 може бути отриманий керамічний клінкер з більш високим рівнем властивостей, які відповідають вимоги стандарту до клінкерних матеріалів, призначених для облаштування доріг. На основі комплексного аналізу отриманих даних як оптимальна для виготовлення дорожнього клінкеру насиченого жовто-гірничного кольору обрана наступна область складів, мас. %: глина лужковська – 40; глина артемівська – 37,0÷39,0; відхід збагачення пегматитів – 15,0÷18,0; відхід феро-титанового виробництва – 6,0÷7,0.

З використанням розробленої рецептури маси при температурі випалу 1100 °С отримані клінкерні вироби марки М600 з наступними властивостями: водопоглинання 2,8÷3,5%, міцність на стиск 64÷68 МПа, морозостійкість більше 350 циклів.



а



б

Рис. 2 – Залежності «склад–властивість» зразків:
а – водопоглинання (%); б – міцність на стиск (МПа)

Характеристики колірності отриманої клінкерної кераміки представлені в 20 табл. 3. Як видно з поданих даних, колір зразків керамічного клінкеру змінюється від лляного (зр. 23) і світло-бежевого (зр.123) до шафранового (зр. 1) та бурштинового (зр. 13).

Таблиця 3 – Характеристики колірності зразків

Шифр зразка	Світлот а L,%	Коефіцієнти		Колір (за класифікацією RGB) [8]
		A*	B*	
1	48,04	16,74	34,17	Шафрановий (Saffron)
2	47,35	21,36	36,52	Палевий (Palle yellow)
3	47,67	18,81	33,12	Жовто-гірничний (Mustard)
12	45,08	20,30	37,08	Сепія (Sepia)

Продовження табл.3

13	46,84	19,68	36,30	Буршиновий (Amber)
23	45,86	17,62	34,75	Ляний (Flax)
123	48,32	17,76	35,07	Світло-бежевий (Beige)

Аналіз характеристик колірності отриманих матеріалів показав, що разом із високою світлотою переважає жовта складова, про що свідчать додатні значення коефіцієнта B^* , який характеризує частку жовтої складової кольору. За абсолютним значенням коефіцієнт колірності B^* майже в 2 рази перевищує значення коефіцієнта A^* , який характеризує інтенсивність червоного відтінку кольору. При цьому домінування жовтої складової кольору посилюється із збільшенням у складі мас артемівської глини.

З метою визначення складу кольороутворюючих фаз проведено рентгенофазові дослідження зразків, випалених в слабо окислювальному середовищі при температурі 1100 °С. З використанням РФА встановлено, що колір клінкерних виробів визначається наявністю та кількісним співвідношенням таких фаз як гематит ($d = 0,269; 0,251; 0,243; 0,220; 0,169; 0,148$ нм), рутил ($d = 0,3239; 0,2458; 0,2282$ нм) та муліт ($d = 0,54; 0,3437; 0,2699; 0,2554; 0,243; 0,2296; 0,220$ нм). Наявність у фазовому складі отриманих клінкерних матеріалів значної кількості муліту є результатом введення до мас відходу феротитанового виробництва, який суттєво збільшує кількість оксиду алюмінію, як складової мулітової фази, активне утворення якої надає виробам високої міцності. Із збільшенням кількості та інтенсивності рефлексів рутилу (TiO_2) жовта складова кольору посилюється. Натомість при збільшенні кількості та інтенсивності піків гематиту виробу набувають більш насиченого кольору бурштину або шафрану. У фазовому складі зразків наявний також не перетворений кварц ($d = 0,426; 0,3347; 0,2458; 0,2282; 0,2238; 0,2128; 0,198$ нм) та невелика кількість кристобаліту, як продукту поліморфних перетворень кварцу ($d = 0,4097; 0,2513$ нм).

Отримані результати свідчать про можливість отримання бажаного відтінку кольору за рахунок спрямованого утворення забарвлюючих кристалічних фаз при випалі клінкерних керамічних виробів.

Висновки.

В результаті проведених досліджень розроблено склад мас для отримання клінкерних керамічних виробів широкої кольорової гами на основі низькосортних неспікливих глин і техногенних матеріалів, що виконують роль інтенсифікаторів спікання та фазоутворення. Встановлено, що використання відходів збагачення пегматитів (15÷18 мас. %) забезпечує формування щільноспеченої структури матеріалів при температурі 1100 °С за рахунок утворення достатньої кількості розплаву. Введення до складу мас 6÷7 мас. % відходу феротитанового виробництва забезпечує підвищення міцності виробів (завдяки формуванню значної кількості мулітової фази) та посилення жовтого

відтінку кольору (за рахунок наявності рутилу як високотемпературної модифікації TiO_2).

З використанням розроблених рецептур при температурі 1100 °С отримана клінкерна цегла з комплексом високих експлуатаційних властивостей. Як показала дослідно-промислова апробація в умовах ТзОВ «Керамейя», використання розроблених мас дозволяє отримати клінкерні вироби марки М 600, які завдяки зниженому водопоглинанню ($W = 2,8 \div 3,5$ %) високій міцності ($\sigma_{ст} = 64 \div 68,0$ МПа) та морозостійкості ($F = 150 \div 350$) класифікуються діючим стандартом [1] як дорожній клінкер.

Список літератури

1. ДСТУ Б В. 2.7-245:2010 – Вироби керамічні клінкерні. [Чинний від 2010-12-16].
2. Байер В. Е. Материаловедение для архитекторов, реставраторов, дизайнеров / В. Е. Байер. – М.: Астрель: АСТ: Транзиткнига, 2005. – 250 с.
3. Коледа В.В. Перспективные сырьевые материалы для получения ангобных покрытий на поверхностях клинкерных изделий / В. В. Коледа, С. В. Алексеев, О. В. Зайчук // Вестник НТУ «ХПИ». – 2008. – № 38. – С. 118–124.
4. Марчук Н. Б. Способы окрашивания эстетических свойств лицевой керамической цеглы / Н. Б. Марчук // Товарознавчий вісник. – 2011. – № 3. – С. 136–141.
5. Миришавка О.А. Клинкерные керамические изделия для облицовки зданий и дорожных покрытий на основе глинистого сырья пологовского региона / О. А. Миришавка, Е. С. Хоменко, В. В. Коледа, В. Ю. Скакун // Вісник НТУ «ХПИ». – 2013. – № 57 (1030). – С. 75–85.
6. Mustafin N. R. Die Klinkerkeramik auf Grund des Kieselerderohstoffes und der technogenischen Abfallstoffe/ Mustafin N. R., G. D. Aschmarin // Keramische Zeitschrift. – 2006. – №4. – S.80–81.
7. Лемешев В. Г. Утилизация техногенных продуктов в производстве керамических строительных материалов / В. Г. Лемешев, С. В. Петров, О. В. Лемешев // Стекло и керамика. 2001. – №3. – С.17–20.
8. HTML-кольори у текстово-графічній таблиці з описом та числовими значеннями (у форматі RGB, CMYK) та назвами на російській та англійській мові. – Режим доступу <http://www.kakras.ru/mobile/color-list-names.html>, 23.03.2015.

References (transliterated)

1. DSTU B V. 2.7-245:2010 – Vyroby keramichni klinkerni [Ceramic clinker.] – Chynnyy vid 2010-12-16.
2. Bayer V. E. Materialovedeniye dlya arkhitektov, restavrtorov, dizaynerov [Materials for architects, restorers, designers] / V. E. Bayer. – Moscow: Astrel': AST: Tranzitknyha, 2005. – 250 p.
3. Koleda V.V. Perspektivnye syr'evye materialy dlja poluchenija angobnyh pokrytij na poverhnostjakh klinkernyh izdelij [Prospective raw materials for engobe coverings clinker on product surfaces] / V. V. Koleda, Ye. V. Aleksyeyev, O. V. Zaychuk // Vestnyk NTU «KhPY». – 2008. – № 38. – P. 118–124.
4. Marchuk N. B. Sposoby pokrashchannya estetychnykh vlastyvostey lyts'ovoy keramichnoyi tshly [Methods for improve the aesthetic properties of ceramic facing bricks] / N. B. Marchuk // Товарознавчий вісник. – 2011. – № 3. – P. 136–141.
5. Myrshavka O.A. Klinkernye keramicheskie izdelija dlja oblicovki zdaniy i dorozhnyh pokrytij na osnovе glinistogo syr'ja pologovskogo regiona [Clinker ceramic products for cladding buildings and pavements based on raw clay Pology Region] / O. A. Myrshavka, E. S. Khomenko, V. V. Koleda, V. Yu. Skakun // Visnyk NTU «KhPI». – 2013. – № 57 (1030). – P. 75–85.
6. Mustafin N. R. Die Klinkerkeramik auf Grund des Kieselerderohstoffes und der technogenischen Abfallstoffe/ Mustafin N. R., G. D. Aschmarin // Keramische Zeitschrift. – 2006. – № 4. – P.80–81.
7. Lemeshev V. H. Utilizacija tehnogenykh produktov v proizvodstve keramicheskikh stroitel'nyh materialov [Recycling of man-made

- products in the manufacture of ceramic building materials] / V. H. Lemeshev, S. V. Petrov, O. V. Lemeshev // *Steklo y keramyka*. 2001. – №3. – P.17–20.
8. HTML- kol'ory u tekstovo-hrafichniy tablytsi z opysom ta chyslovyymy znachennyamy (u formati RGB, CMYK) ta nazvamy na rosiys'kiy ta anhliys'kiy movi [HTML- colors in text and graphic

descriptions and tables of numerical values (either RGB, CMYK) and names in Russian and English]. – *Rezhym dostupu*: <http://www.kakras.ru/mobile/color-list-names.html>, 23.03.2015.

Надійшла (received) 20.06.16

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Розробка мас для отримання клінкерної кераміки широкої кольорової гами / О. Ю. Федоренко, М. І. Рищенко, Л. В. Присяжна // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ «ХПІ», 2016. – № 22 (1194). – С. 204-208. – Бібліогр.: 8 назв. – ISSN 2079-0821.

Розробка масс для получения клинкерной керамики широкой цветовой гаммы / Е.Ю. Федоренко, М.И. Рыщенко, Л.В. Присяжная // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ «ХПІ», 2016. – № 22 (1194). – С. 204-208. – Бібліогр.: 8 назв. – ISSN 2079-0821.

Development of mass for obtaining of clinker ceramics with wide range of colors / E. Yu. Fedorenko, M.I. Ryschenko, L. V. Prisyazhna // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Chemistry, chemical technology and environment. – Kharkov: NTU "KhPI", 2016. - № 22. – P.204-208. – Bibliogr.: 8. – ISSN 2079-0821

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Федоренко Елена Юрьевна – доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет “Харьковский политехнический институт”, професор кафедри технології кераміки, огнеупоров, стекла и эмалей; тел.: (063) 297-03-13; e-mail: fedorenko_e@ukr.net.

Федоренко Елена Юрьевна – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей; тел.: (063) 297-03-13; e-mail: fedorenko_e@ukr.net.

Fedorenko Elena Yurievna – Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Professor at the Department of Ceramic, Refractories, Glass and Enamels; tel.: (063) 297-03-13; e-mail: fedorenko_e@ukr.net.

Рыщенко Михаил Иванович – доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет “Харьковский политехнический институт”заведующий кафедрой технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей НТУ «ХПИ».; тел.: (057) 707-68-17.

Рищенко Михайло Іванович – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», завідувач кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей НТУ «ХПІ»”; тел.: (057) 707-68-17.

Ryshchenko Mychailo Ivanovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, National Technical University “Kharkov Politechnic Institute”; Head of the Chair of ceramics, refractories, glass and enamels of NTU "KhPI"; tel.: (057) 707-68-17.

Присяжная Лариса Васильевна – аспирант, Национальный технический университет “Харьковский политехнический институт”; тел.: (097) 485-33-30; e-mail: larapris@mail.ru

Присяжна Лариса Василівна – аспірант, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"; тел.: (097) 485-33-30; e-mail: larapris@mail.ru

Prisyazhna Larisa Vasilevna National Technical University “Kharkov Politechnic Institute”; postgraduate of the Chair of ceramics, refractories, glass and enamels of NTU "KhPI";