

## Оценка совместимости керамической облицовочной плитки на основе габбро–долерита и умеренно красножгущейся глины с нефритовым ангобом и глянцевой глазурью.

*М.В. Плешко, М.С. Плешко*

*Ростовский государственный университет путей сообщения*

**Аннотация:** В работе проведены исследования для определения совместимости разработанного состава керамической массы с ангобом и глазурью. Определен температурный коэффициент линейного расширения этих слоев. Представлены дилатометрические испытания разработанных составов. Определены основные физико-механические свойства облицовочной керамической плитки: влажностное расширение, термостойкость и проницаемость. Проведены оптико-флексометрические исследования отдельных слоев. Выявлены причины более равномерного распределения напряжений декоративных слоёв. Проанализирована структура разработанной керамической плитки с помощью электронно-микроскопических исследований.

**Ключевые слова:** керамическая масса, ангоб, глазурь, температурный коэффициент линейного расширения, дилатометрия, флексометрия, электронная микроскопия, влажностное расширение, термостойкость, проницаемость.

На основе научных исследований, нами был разработан совершенно новый состав керамической массы, которая может применяться для производства керамической облицовочной плитки. В основу данного состава входят следующие компоненты: глина Маркинская (красножгущаяся) – 16%; глина Владимировская ВКС-3 (беложгущаяся) – 55%; габбро-долерит – 16%; гранит – 8%; бой плитки дроблённый – 5% [1]. Кроме этого был предложен новый нефритовый состав ангоба: глина Владимировская ВКС-2 – 19 %; полевой шпат MAN/19 (Турция) – 7%; технический глинозем марки Г-0 (УАЗ-СУАЛ) – 1%; силикат циркония НАТА/4 – 4%; песок кварцевый ВС-050-1 – 11%; анортозит – 40%; каолин КН-83 Глуховецкий – 14%; криолит искусственный технический – 4%, а также новый состав прозрачной глянцевой глазури: полевой шпат MAN/19 – 10,0; каолин КН-83 Глуховецкий – 10,0; фритта FT-847 – 65,0; цинковые белила ZnO – 6,0; волластонит АСТО-2А – 5,0; отход производства микростеклошариков – 4,0 [2]. Далее

---

необходимо провести исследования необходимые для определения совместимости черепка, ангоба и глазури [3].

Совместимость трех слоев – черепка, ангоб, глазурь определяется с помощью температурного коэффициента линейного расширения (далее ТКЛР). Считается, что различия в ТКЛР этих слоёв не должно превышать 15% [4].

ТКЛР керамического черепка был определен экспериментально в интервале 20...600 °С и составил  $9,29 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

На следующем этапе с помощью метода А.А. Аппена [5] рассчитывался ТКЛР, по формуле:

$$\alpha \cdot 10^{-7} = (A_1\alpha_1 + A_2\alpha_2 + \dots + A_n\alpha_n) / 100 = \sum A_i\alpha_i / 100, \quad (1)$$

где А - процентное содержание данного оксида, мол. %;  $\alpha_i$  – парциальный коэффициент линейного расширения осидов.

В результате ТКЛР разработанного состава ангоба не превысил 15% от ТКЛР керамического черепка и составил  $8,54 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

Кроме ангоба в процентный интервал 15% должна вписываться и разница между термическим коэффициентом линейного расширения черепка и глазури. Поэтому нами были проведены аналогичные исследования и для разработанного состава глазурного покрытия. Традиционно, определение среднего ТКЛР глазури осуществлялось в интервале 20-600 °С и составило  $7,92 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , что не превышает 15% от ТКЛР керамического черепка.

Дальнейшие исследования подтвердили наши результаты. Проведя dilatометрические испытания над всеми разработанными нами составами [6], нами были получены результаты, которые представлены на рис. 1.

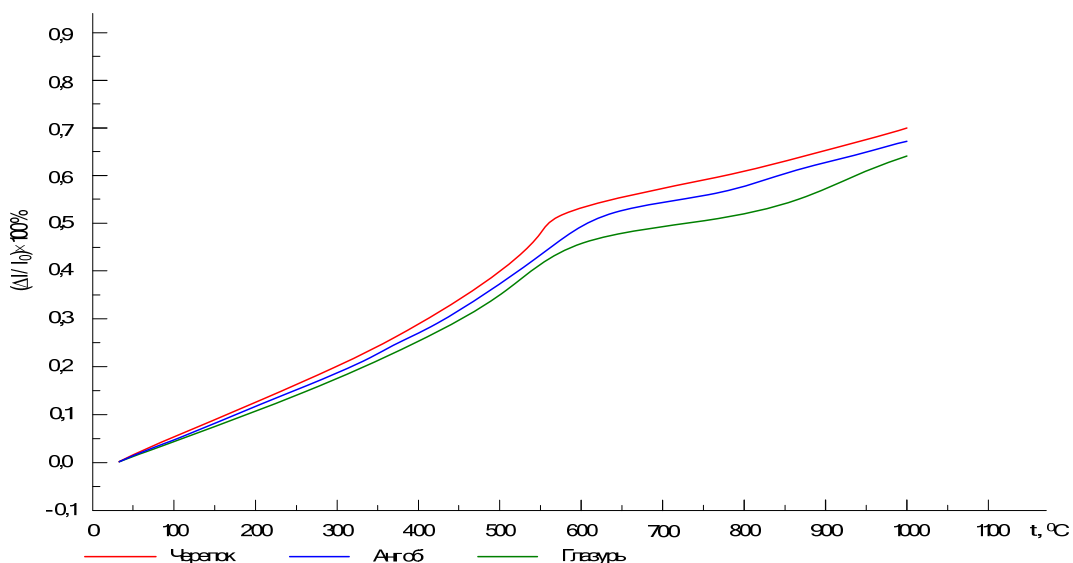


Рис. 1 – Результаты dilatометрических испытаний

Как видно из полученных результатов, в температурном интервале 20 – 600 °С ТКЛР черепка составил  $9,29 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ , ангоба –  $8,60 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  и глазури –  $7,96 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Таким образом ТКЛР всех составов попадает в 15% интервал, что говорит о их совместимости. Кроме этого, мы в очередной раз убеждаемся в высокой точности расчётного метода определения ТКЛР.

Следующим этапом исследования керамического черепка, ангоба и глазури было определение показателей их физико-механических свойств при совместных испытаниях на образцах готовой продукции [7].

Наиболее важными свойствами определяющие длительность использования керамической облицовочной плитки являются: проницаемость, влажностное расширение и термостойкость [8].

Для сравнения, исследования проводились не только на разработанных составах керамического черепка, ангоба и глазури, но и на заводской продукции. Результаты физико-механических исследований приведены в таблице 2.

Таблица № 2

## Физико-механические показатели заводской и разработанной плитки

Наименование характеристик	Заводская продукция	Разработанная керамическая плитка
Влажностное расширение, %	0,066	0,063
Проницаемость:		
- диаметр пятна, мм	65	60
- время проявления красителя, сек.	49	56
Термостойкость, кол-во циклов	19	24

Результаты испытания позволили установить, что в целом керамическая плитка, изготовленная из разработанного состава керамической массы и покрытая ангобом и глазурью разработанных составов имеет показатели лучше, чем заводская продукция. Как видно из результатов, показатель влажностное расширение не превышает установленные нормативной документацией требования 0,07 - 0,09%. Однако образец заводской плитки отличался наличием сетки трещин уже после 19 циклов, а разработанный состав оставался без изменения до 24 циклов. Оценивая показатель проницаемости разработанного и заводского состава, мы пришли к выводу, что в плитке заводского состава на 7 секунд быстрее проникло окрашивающее вещество, а образовавшееся на лицевой стороне пятно было на 5 мм больше в диаметре. Таким образом, можно сделать вывод, что в отличии от заводской плитки, микроструктура разработанного образца более плотная, поры связаны между собой, при этом наблюдается меньше открытых пор.

Технология высокоскоростного однократного обжига подразумевает, что глазурь должна находиться в состоянии сжатия после охлаждения, для того чтобы компенсировать увеличение размеров керамического черепка без возникновения дефектов при возникновении влажностного расширения [9]. Одновременное проведение дилатометрических и флексометрических

исследований поможет выявить данное состояние и оценить влияние ТКЛР на него.

На первом этапе исследования нами был определен ТКЛР отдельных слоев (черепка, ангоба и глазури), при этом температурный интервал составлял 1000 °С, а максимальный интервал обжига составляет 1100 °С. Затем, разработанный образец, уже покрытый декоративными слоями (ангобом и глазурью) поместили в оптический флексиметр. В результате был получен его изгиб при нагреве и последующем охлаждении.

Результаты исследования представлены на рис. 2.

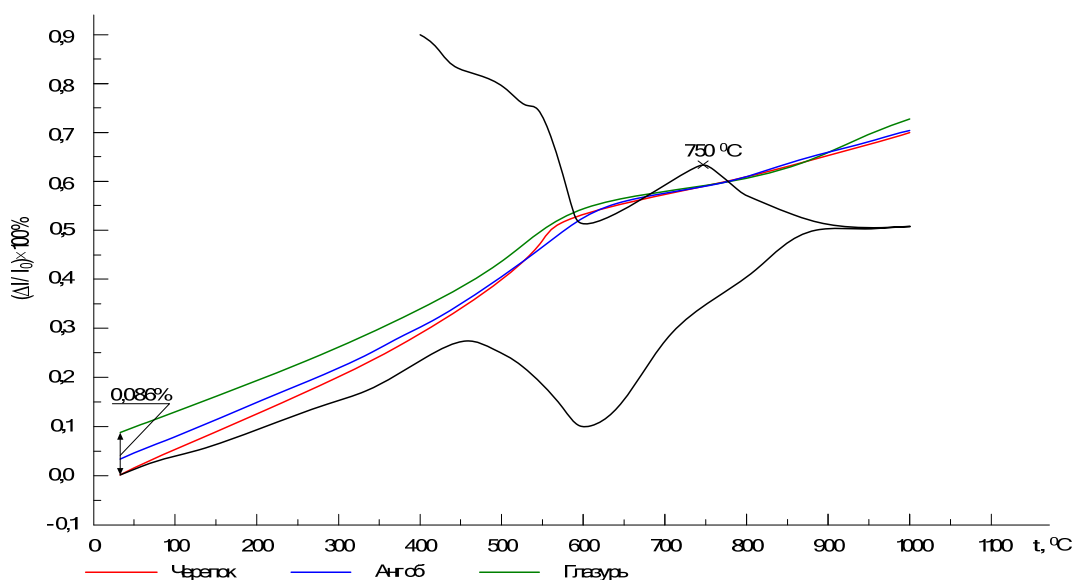


Рис. 2 – Результаты комплексного дилатометрического и оптико-флексиметрического анализа разработанной плитки

Как видно из рис. 2, температура соединения равна 750 °С. Кроме того, после совмещения дилатометрических кривых в точке соединения, сохранился правильный порядок размещения этих кривых для ангоба и глазури. Величина сжатия для разработанной плитки 0,086%, что превышает установленную величину влажностного расширения 0,063%.

Наиболее важным направлением дальнейших исследований является выявление причины более равномерного распределения напряжений, так как плавное изменение кривизны графика флексиметрии и высокая температура

соединения предопределяют возникновение достаточного сжимающего напряжения декоративных слоёв в нормальных условиях. При температурах более 600 °С глазурное покрытие находится в пластичном состоянии (причём низкая температура соединения говорит о более пластичном состоянии глазури) и при возникновении достаточно интенсивного сжимающего воздействия, может быть получен обратный эффект, заключающийся в термопластичном уменьшении размеров глазури, что может привести к уменьшению величины сжатия глазурного покрытия. Таким образом, наиболее важным аспектом обеспечения компенсирующего сжимающего усилия является выявление причины распределения напряжений в процессе охлаждения, позволяющего сместить данное положительное воздействие до момента достижения так называемой «передаточной» прочности глазури.

Отличительным свойством композитного строительного материала является то, что между всеми тремя слоями формируется промежуточные слои, так называемые «контактные», которые фактически представляют собой диффузию двух составляющих композита, и представляют собой промежуточные слои, отличные от основных, как по составу, так и по физико-химическим свойствам. Т.е. можно сделать вывод, что все процессы спекания и протекания фазо - и структурообразования полностью завершены [10]. Исходя из этого, рассмотрим результаты электронно-микроскопических исследований (рис. 3).

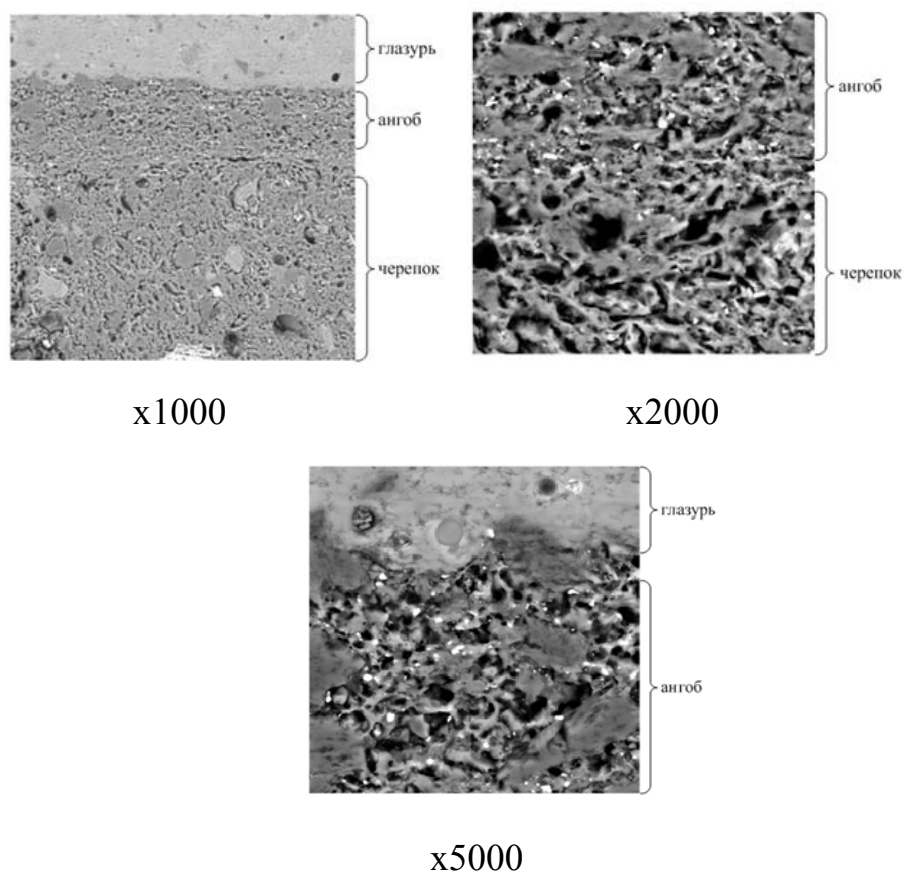


Рис. 3 – Электронно-микроскопическая структура разработанной керамической плитки при увеличении x1000, x2000, x5000

Анализируя рис.3 можно сделать вывод, что даже при увеличении до x1000 раз границу между керамическим черепком и ангобом практически невидно, а граница между глазурью и ангобом видна очень четко, хотя и имеет нелинейную форму. Это объясняется интенсивной взаимной диффузией, что предопределяет наличие области, в структуре которой наблюдается наличие кристаллических включений с равномерным распределением между ними окристаллизованного расплава. Данная область является промежуточным слоем, образованная не сепаратным выделением частиц слоёв на их границе, а взаимным проникновением, обусловленным оптимальным подбором составов масс, а также обеспечением оптимальных параметров обжига, что и гарантирует обеспечение более равномерного и плавного распределения межслойных напряжений в процессе обжига, в

результате чего можно получить высококачественную керамическую продукцию.

### Литература

1. Плешко М.В., Плешко М.С. Керамические массы однократного обжига на основе габбро-долерита и умеренно-красножгущейся глины // Стекло и керамика, 2015. №1. С.21-24.

2. Плешко М.В. Разработка новых составов ангобного и глазурного покрытия для керамической облицовочной плитки // Инженерный Вестник Дона, 2015, №1 URL: [ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_9\\_pleshko.pdf\\_59368e2f86.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_9_pleshko.pdf_59368e2f86.pdf)

3. Жуков А.Д., Горбунов Г.И., Белаш Н.А., Энергосберегающая технология керамической плитки // Вестник МГСУ, 2013. №10 С.122-130

4. Болбеко А.В., Бровикова А.И., Арвентьева Н.А. Применение ангобов в керамике // *Gaudeamus igitur*, 2015. № 1. С. 52-54

5. Бурученко А.Е., Меньшикова В.К. Применение нового современного вида сырья в производстве керамической плитки // Современные материалы, техника и технология. Материалы 4-й Международной научно-практической конференции. Курск, 2014. С. 102-104

6. Компан Т.А. Измерительные возможности и перспективы развития дилатометрии // Мир измерений. 2011. № 7 С.14-21

7. Верченко А. В. Влияние рентгеноаморфных фаз керамогранитного черепка на прочностные свойства изделий // Инженерный Вестник Дона, 2014, №4 URL: [ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_103\\_verchenko.pdf\\_d4d18daea1.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_103_verchenko.pdf_d4d18daea1.pdf)

8. Safiuddin M., Jumaat, M.Z. Salam M. A., Islam M. S., Hashim R.. Utilization of solid wastes in construction materials. *International Journal of the Physical Sciences*, 2010. №10. pp. 1952-1963





9. Paganelli M., Venturelli C. Zec on the porous facing tile: study using optical fleksimetra // Ceramic forum international, 2007. №12. pp.56-59.

10. Ключникова Н.В. Рентгенофазовый анализ композиционных материалов на основе глин // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции, 2013. Т. 7. № 1. С. 3-10.

### References

1. Pleshko M.V., Pleshko M.S. Steklo i keramika, 2015. №1. pp.21-24.
2. Pleshko M.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №1 URL: [ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_9\\_pleshko.pdf\\_59368e2f86.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_9_pleshko.pdf_59368e2f86.pdf)
3. Zhukov A.D., Gorbunov G.I., Belash N.A., Vestnik MGSU, 2013. №10 pp.122-130
4. Bolbeko A.V., Brovikova A.I., Arvent'eva N.A. Gaudeamus igitur, 2015. № 1. pp. 52-54
5. Buruchenko A.E., Men'shikova V.K. Sovremennye materialy, tehnika i tehnologija. Materialy 4j Mezhdunarodnoj nauchnoprakticheskoy konferencii. Kursk, 2014. pp. 102-104
6. Kompan T.A. Mir izmerenij. 2011. № 7. pp.14-21
7. Verchenko A. V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №4 URL: [ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_103\\_verchenko.pdf\\_d4d18daea1.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_103_verchenko.pdf_d4d18daea1.pdf)
8. Safiuddin M., Jumaat M.Z., Salam M. A., Islam M. S., Hashim R. International Journal of the Physical Sciences, 2010. №10. pp. 1952-1963
9. Paganelli M., Venturelli S. Ceramic forum international, 2007. №12. pp.56-59.
10. Kljuchnikova N.V. Sbornik nauchnyh trudov SWorld po materialam mezhdunarodnoj nauchnoprakticheskoy konferencii, 2013. Т. 7. № 1. pp. 3-10.