

DOI: 10.34031/2618-7183-2018-1-3-11-16

*Дороганов В.А., кандидат технических наук, доцент,
Неверова Е.В., магистрант,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия,
Станкович С.,
Университет в Баня-Луке, Республика Сербская*
*Ответственный автор E-mail: tsk_bgtn@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ НА ОСНОВЕ СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИКИ

Аннотация: в данной статье рассматривается возможность применения искусственных керамических вяжущих, полученных по технологии высококонцентрированных вяжущих суспензий, в технологии производства керамических материалов и изделий. Представлены результаты комплексных исследований суспензий искусственных керамических вяжущих на основе полевого шпата и кварцевого песка, а также результаты испытаний полученных на их основе образцов. Доказано несомненное преимущество ввода указанных суспензий в составы литевых шликеров, применяемых в производстве отдельных разновидностей керамики. Предложено решение проблемы импортозамещения сырьевых компонентов, вызванной главным образом непростой политической ситуацией в стране, а также отсутствием собственной сырьевой базы надлежащего качества, в связи с чем в работе предлагается применение технологии высококонцентрированных вяжущих суспензий, позволяющей оптимизировать качество отечественных сырьевых материалов. Применение технологии высококонцентрированных вяжущих суспензий, позволяет не только расширить ассортимент и номенклатуру изделий производимых по данной технологии, но и к тому же позволит повысить качество и экономическую целесообразность отдельных разновидностей керамики. Акцентирование внимания на внедрение технологии высококонцентрированных вяжущих суспензий в отдельные области производства керамики объясняется формированием совершенно иной структуры материалов, обусловленной повышенным содержанием наночастиц в составе суспензий искусственных керамических вяжущих, способствующей значительному увеличению механической прочности при оптимизации иных основных технологических показателей качества, предъявляемых к керамическим материалам и изделиям. Установлена возможность снижения температуры обжига на 50-100°C, однако, данный вопрос требует проведения дополнительных исследований.

Ключевые слова: искусственные керамические вяжущие; высококонцентрированные вяжущие суспензии; шликерное литье; полевой шпат; кварцевый песок; наночастицы

Введение

В настоящее время в связи с ежегодной интенсификацией роста строительных отраслей производства, к числу которых относится и керамическая промышленность, существенную роль играет направление оптимизации и совершенствования технологии производства, технологических свойств и параметров наиболее востребованных материалов и изделий. При производстве керамики существует весомая проблема импортозамещения сырьевой базы, обусловленная несоответствием качества отечественных сырьевых компонентов, что приводит к необходимости приобретения из других стран. Осуществляя замену сырьевых компонентов на местные, необходимо обеспечивать не только соответствие материалов и изделий предъявляемым к ним требованиям, но и по-возможности достигнуть усовершенствования действующих технологий и оптимизации качества готовой продукции. Одним из перспективных направлений усовершенствования является применение искусственных керамических вяжущих (ИКВ) силикатного состава, полученных по технологии высококонцентрированных керамических вяжущих суспензий (ВКВС) [1-4]. Данная технология в настоящий момент нашла широкое применение только в производстве огнеупорных материалов, а при изготовлении других видов керамических материалов (строительная, техническая и художественная керамика) она не используется. Благодаря уникальным свойствам изделий на основе ИКВ, ежегодно наблюдается рост заинтересованности в проведении многочисленных исследований, что позволяет говорить о росте производств базирующихся на данной технологии уже в ближайшем будущем [5-8].

Оптимизация качества керамики при внедрении в производство ИКВ достигается за счет наличия наноразмерных фракций, что позволяет достигнуть оптимизации основных технологических свойств и параметров изделий, что обеспечивает не только повышение качества готовой продукции, но также способствует снижению доли импортного сырья. Применение данной технологии также позволит увеличить энергосбережение производства, поскольку применение наноструктурированных компонентов способствует сокра-

щению сроков предварительной термообработки и приводит к снижению температур обжига, а, следовательно, способствует повышению энергоэффективности и экономической целесообразности производства в целом [9-12].

В связи с вышеизложенным, целью данной работы является получение и исследование свойств ИКВ на основе силикатного сырья, а также образцов на их основе. В качестве исходных сырьевых материалов для получения ИКВ в данной работе использовались полевой шпат Малышевского месторождения и кварцевый песок Ташлинского месторождений.

Материалы и методы

Для получения суспензий по технологии ВКВС каждый из указанных компонентов подвергался мокрому помолу в фарфоровой шаровой мельнице периодического в течение 8-12 часов. В качестве мелющих тел применены уралитовые шары. Помол сырьевых материалов осуществлялся с дозагрузкой материала, в условиях повышения концентрации твердой фазы с использованием электролита на органической основе. Готовые суспензии подвергались стабилизации, путем гравитационного перемешивания в течение 6-8 часов с целью усреднения свойств и удаление захваченного при помолу воздуха.

Характеристики полученных искусственных керамических вяжущих на основе полевого шпата и кварцевого песка представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики полученных ИКВ

Table 1

Characteristics of the obtained artificial ceramic binders (IKV)

Наименование характеристик	Наименование ИКВ	
	Полевой шпат (ПШ)	Кварцевый песок (КП)
Плотность, ρ , кг/м ³	2014	2094
Время истечения, τ , сек.	143	47
Влажность, W , %	19	16
Коэффициент загустеваемости, K_z	1,48	1,18
Количество частиц диаметром более 63 мкм, %	0,1	3,19
Объемная концентрация твердой фазы	0,63	0,66
Содержание фракций размером менее 100 нм, %	0,8	0,5
Коэффициент полидисперсности	3,4	6,2
Средний медианный диаметр, мкм	1,8	6,8

С использованием ротационного вискозиметра были проведены исследования реологических свойств полученных ИКВ, результаты которых представлены на рис. 1-2.

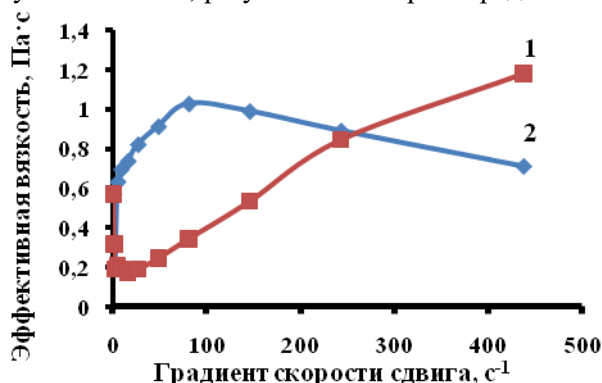


Рис. 1. Зависимость эффективной вязкости ИКВ от градиента сдвига: 1-ИКВ КП; 2- ИКВ ПШ.

Fig. 1. The dependence of the effective viscosity of artificial ceramic binders on the shear gradient: 1- IKV KP; 2- IKV PSh.

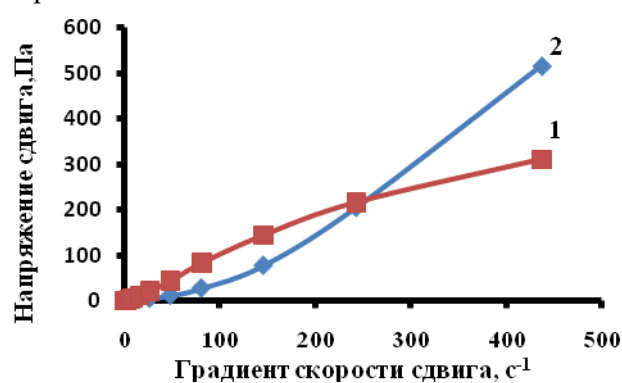


Рис. 2. Зависимость напряжения сдвига ИКВ от градиента скорости сдвига: 1-ИКВ КП; 2- ИКВ ПШ.

Fig. 2. The dependence of shear stress of artificial ceramic binders on the gradient of shear rate: 1-IKV KP; 2- IKV PSh.

Как видно из представленных на рис. 1-2 данных реологических свойств ИКВ на основе полевого шпата и песка следует, что суспензии относятся к различным реологическим типам. Из представленных данных видно, что суспензия на основе полевого шпата проявляет дилатантно-тиксотропный характер течения, а ИКВ на основе кварцевого песка характеризуется тиксотропно-дилатантным поведением.

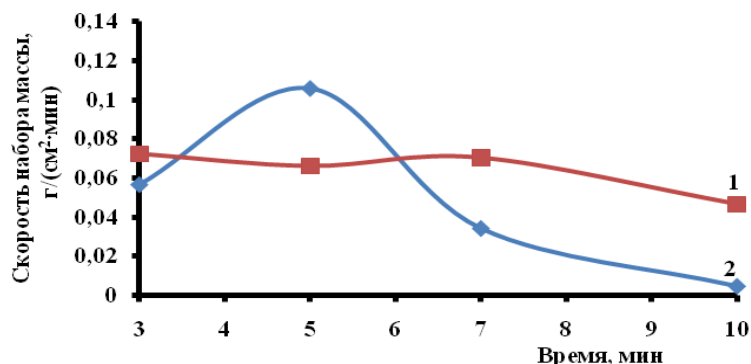


Рис. 3. Зависимость скорости набора массы ИКВ от времени: 1-ИКВ КП; 2- ИКВ ПШ

Fig. 3. Dependence of the rate of mass gain of artificial ceramic binders on time: 1-ИКV KP; 2- ИKV PSh

Исследования влияния времени выдержки на скорости набора массы (рис. 3) показали, что ИКВ на основе ПШ характеризуется максимальной скоростью при выдержке в 5 мин, а при дальнейшем увеличении времени выдержки наблюдается многократное снижение скорости набора массы. ИКВ на основе песка характеризуется плавным и незначительным снижением скорости набора, при этом ее значение превышает скорость набора массы ИКВ ПШ в десятки раз при выдержке в течение 10 мин. Такая разность в изменении скорости набора массы суспензий характеризуется различием в реологическом поведении систем (рис. 1-2).

Результаты и обсуждение

На основе полученных ИКВ методом литья в гипсовые формы были получены образцы в виде балочек, которые подвергались предварительной сушке при 100-110°C. Затем высушенные образцы обжигали в муфельной печи при различных температурах в интервале от 1000 до 1250°C с шагом 50°C. После обжига было установлено, что при температуре обжига, начиная с 1200°C, происходит оплавление и деформация образцов на основе суспензии Малышевского полевого шпата. После обжига были определены такие параметры как: огневая усадка, водопоглощение, открытая пористость, кажущаяся плотность и предел прочности на изгиб, которые представлены на рис. 4-9.

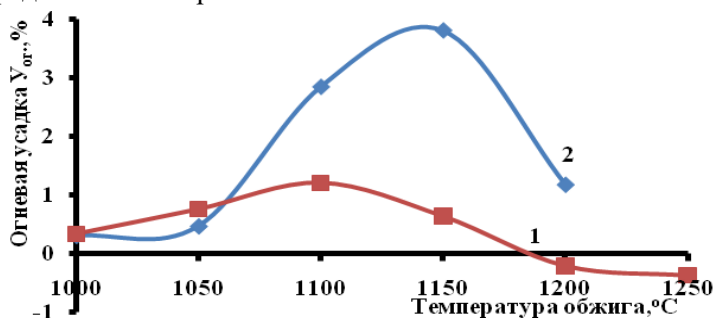


Рис. 4. Зависимость значений огневой усадки образцов на основе ИКВ от температуры обжига: 1-ИКВ КП; 2- ИКВ ПШ

Fig. 4. The dependence of the values of fire shrinkage of samples based on artificial ceramic binders from firing temperature: 1-ИКV KP; 2- ИKV PSh

Исходя из данных, представленных на рис.4 следует, что с увеличением температуры обжига до 1100-1150°C происходит усадка исследуемых образцов до 1,2-3,8%. При дальнейшем повышении температуры происходит рост линейных размеров образцов на 1,8-2,6%. Рост образцов на основе ИКВ ПШ обусловлен частичным оплавлением и деформацией, у образцов на основе ИКВ КП причина роста обусловлена частичным полиморфным превращением кварца.

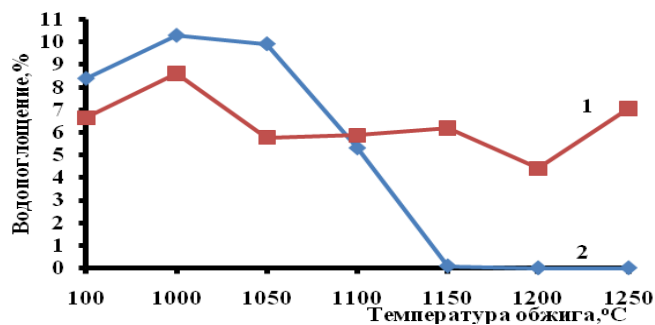


Рис. 5. Зависимость водопоглощения образцов ИКВ от температуры обжига: 1-ИКВ КП; 2- ИКВ ПШ
Fig. 5. Dependence of water absorption of artificial ceramic binders samples on firing temperature: 1-ICV KP; 2- IKV PSh

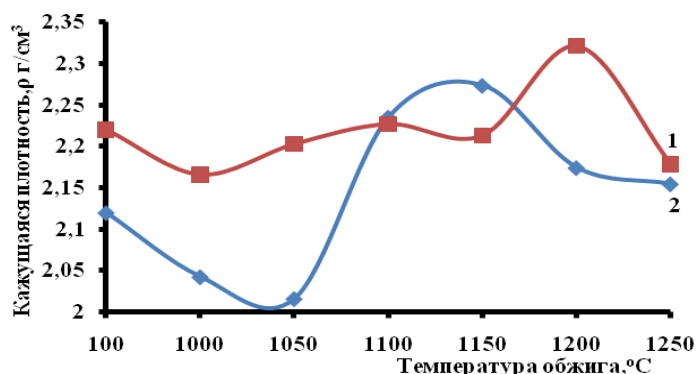


Рис. 6. Зависимость кажущейся плотности образцов на основе ИКВ от температуры обжига: 1-ИКВ КП; 2- ИКВ ПШ
Fig. 6. The dependence of the apparent density of the samples based on artificial ceramic binders from firing temperature: 1-ICV KP; 2- IKV PSh

Анализируя данные, представленные на рис. 5-6, стоит отметить, что на начальном этапе повышения температур до 1000°C происходит увеличение водопоглощения образцов исследуемых ИКВ до максимальных значений 8-10% (рис. 5), что сопровождается незначительным падением плотности (рис. 6). При дальнейшем повышении температуры обжига до 1150-1200°C наблюдается тенденция к снижению водопоглощения всех составов: до 4,4% у образцов на основе ИКВ КП и до 0% у образцов на основе ИКВ ПШ, при этом плотность образцов возрастает. Следует отметить, что увеличение температуры обжига до максимальной приводит к повышению водопоглощения образцов на основе ИКВ песка до 7% и снижению плотности, что связано с частичным полиморфизмом кварца в системе. Водопоглощение образцов на основе ИКВ шпата не изменяется, при этом наблюдается падение значений плотности, что связано с интенсивным образованием стеклофазы, плотность которой ниже чем плотность исходной кристаллической фазы.

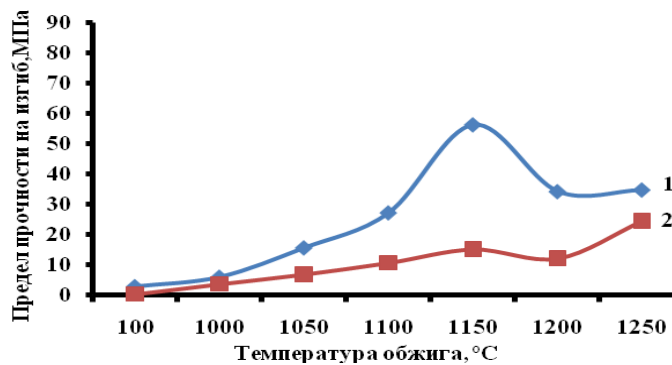


Рис. 7. Зависимость предела прочности на изгиб образцов ИКВ от температуры обжига: 1-ИКВ КП; 2-ИКВ ПШ
Fig. 7. The dependence of the tensile strength on the bending of artificial ceramic binders samples from firing temperature: 1-ICV KP; 2- IKV PSh

Исходя из представленных на рис. 7 данных, следует, что с ростом температуры обжига до 1250°C происходит значительное увеличение прочностных характеристик у всех исследуемых образцов. Максимальным значением прочности на изгиб (55-56 МПа) характеризуются образцы на основе ИКВ полевого шпата, термообработанные при 1150°C, что соответствует минимальному значению водопоглощения и максимальному значению плотности, при этом деформации образцов практически не наблюдалось. Образцы на основе ИКВ кварцевого песка характеризуются наивысшей прочностью (24-25 МПа) при максимальной температуре обжига 1250°C.

Выводы

Многие массы, смеси, шликера, суспензии, применяемые в технологиях получения керамики (плитка, сантехническая и техническая керамика и т.д.) содержат в своем составе большое количество исходных компонентов (до 12-15) и обжигаются при температурах более 1200°C. Таким образом, использование ИКВ на основе полевого шпата и кварцевого песка в технологии производства керамических материалов и изделий может способствовать сокращению количества сырьевых компонентов при снижении температуры обжига, тем самым повышая энергоэффективность и снижая себестоимость готовой продукции. Следует отметить, что данная система сопровождается значительными усадочными явлениями, что может отрицательно сказываться на свойствах готовой продукции. Одним из способов снижения данного эффекта является использование смешанного вяжущего на основе кварцевого песка и полевого шпата, что приведет к компенсации усадочных явлений, но для этого необходимо проведение дальнейших исследований, что планируется к осуществлению в ближайшем будущем.

Литература

1. Евтушенко Е.И., Морева И.Ю., Дороганов В.А. и др. Искусственные керамические вяжущие суспензии на основе кремнеземсодержащих материалов // Строительные материалы . 2007. №1. С. 54 – 55.
2. Пивинский Ю.Е. Реология дисперсных систем, ВКВС и Керамбетоны. Элементы нанотехнологий в силикатном материаловедении. Избранные труды. Спб.: Изд-во Политехника, 2012. 682 с.
3. Пивинский Ю. Е. Реология дилатантных и тиксотропных дисперсных систем. Спб.:Изд-во СПбГТИ (ТУ), 2001. 174 с.
4. Пивинский Ю.Е. Высококонтрированные керамические вяжущие суспензии. Исходные материалы свойства и классификация // Огнеупоры. 1987. №4. С. 8 – 20.
5. Пивинский, Ю.Е. Высококонтрированные керамические вяжущие суспензии. Механизм структурообразования и кинетика набора массы при обезвоживании // Огнеупоры. 1988. №8. С. 17 – 23.
6. Череватова А.В. Кремнеземистые огнеупорные массы на основе пластифицированных высококонцентрированных керамических вяжущих суспензий: монография Белгород: Изд-во БГТУ, 2005. 151 с.
7. Levien L., Prewitt C.T., Weidner DJ. Structure and elastic properties of quartz at pressure // American Mineralogist. 1980. N65. P. 920 – 930.
8. Evtushenko E.I., Moreva I.Yu., Sysa O.K., Bedina V.I., Trunov E.M. Control of the structural and phase characteristics of raw materials in the technology of fine ceramics // Refractories and Industrial Ceramics. 2011. V. 51. N6. P. 397 – 398.
9. Evtushenko E.I. Defects in the structure and properties of silicate materials Defects in the structure and properties of silicate materials // Refractories and Industrial Ceramics. 1998. V. 39. N7-8. P. 278 – 282.
10. Evtushenko E.I., Kravtsov E.I., I.Yu. Kashcheeva, Sysa O.K. Structural instability of argillaceous material // Glass and ceramics. 2004. V. 61. N5-6 P. 157 – 159.
11. Pivinskii Yu.E. Highly concentrated ceramic binder suspensions (HCBS). Raw materials, properties, and classification (Review) // Refractories and Industrial Ceramics. 1987. V. 28. N3-4. P. 179 – 191.
12. Pivinskii Yu.E. Highly concentrated ceramic bonding suspensions. Mechanism of structure formation and the kinetics of casting-up of the body with partial dewatering // Refractories and Industrial Ceramics. 1988. V. 29. N7-8. P. 463 – 470.

References

1. Evtushenko E.I., Moreva I.YU., Doroganov V.A. i dr. Iskusstvennyye keramicheskie vyazhushchie suspenzii na osnove kremnezemsoderzhashchih materialov. Stroitel'nye materialy . 2007. 1. P. 54 – 55. (rus.)
2. Pivinskij YU.E. Reologiya dispersnyh sistem, VKVS i Kerambetony. EHlementy nanotekhnologij v silikatnom materialovedenii. Izbrannyye trudy. Spb.: Izd-vo Politekhnik, 2012. 682 p. (rus.)
3. Pivinskij YU. E. Reologiya dilatantnyh i tiksotropnyh dispersnyh sistem. Spb.:Izd-vo SPbGTI (TU), 2001. 174 p. (rus.)
4. Pivinskij YU.E. Vysokokontrirovannyye keramicheskie vyazhushchie suspenzii. Iskhodnyye materialy svoystva i klassifikaciya. Ogneupory. 1987. 4. P. 8 – 20. (rus.)

5. Pivinskij, YU.E. Vysokokoncentrirovannye keramicheskie vyazhushchie suspenzii. Mekhanizm strukturoobrazovaniya i kinetika nabora massy pri obezvozhivanii. Ogneupory. 1988. 8. P. 17 – 23. (rus.)
6. CHerevatova A.V. Kremnezemistye ogneupornye massy na osnove plastificirovannyh vysokokoncentrirovannyh keramicheskikh vyazhushchih suspenzij: monografiya Belgorod: Izd-vo BGTU, 2005.151 p. (rus.)
7. Levien L., Prewitt C.T., Weidner DJ. Structure and elastic properties of quartz at pressure. American Mineralogist. 1980. 65. P. 920 – 930.
8. Evtushenko E.I., Moreva I.Yu., Sysa O.K., Bedina V.I., Trunov E.M. Control of the structural and phase characteristics of raw materials in the technology of fine ceramics. Refractories and Industrial Ceramics. 2011. 51 (6). P. 397 – 398.
9. Evtushenko E.I. Defects in the structure and properties of silicate materials Defects in the structure and properties of silicate materials. Refractories and Industrial Ceramics. 1998. 39 (7-8). P. 278 – 282.
10. Evtushenko E.I., Kravtsov E.I., I.Yu. Kashcheeva, Sysa O.K. Structural instability of argillaceous material. Glass and ceramics. 2004. 61 (5-6). P. 157 – 159.
11. Pivinskii Yu.E. Highly concentrated ceramic binder suspensions (HCBS). Raw materials, properties, and classification (Review). Refractories and Industrial Ceramics. 1987. 28 (3-4). P. 179 – 191.
12. Pivinskii Yu.E. Highly concentrated ceramic bonding suspensions. Mechanism of structure formation and the kinetics of casting-up of the body with partial dewatering. Refractories and Industrial Ceramics. 1988. 29 (7-8). P. 463 – 470.

*Doroganov V.A. *, Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.), Associate Professor,
Neverova E.V., Master Student,
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia,
Stankovich S.,*

University of Banja Luka, Republika Srpska

*Corresponding author E-mail: tsk_bgtu@mail.ru

STUDY OF ARTIFICIAL CERAMIC BINDERS BASED ON SILICATE MATERIALS FOR CERAMICS INDUSTRY

Abstract: this article discusses the possibility of using artificial ceramic binders obtained by the technology of highly concentrated binder suspensions in the production of ceramic materials and products. The results of complex studies of suspensions of artificial ceramic binders based on feldspar and quartz sand, as well as the results of tests of the samples obtained on their basis are presented. A definite advantage of entering the suspensions in the molding compositions of the slurries used in the manufacture of certain varieties of pottery is proved. The solution of the problem of import substitution of raw materials components, caused mainly by the difficult political situation in the country, as well as the lack of its own raw material base of good quality, in connection with which the paper proposes the use of technology of highly concentrated binder suspensions, which allows to optimize the quality of domestic raw materials. The use of technology of highly concentrated binder suspensions, allows not only to expand the assortment and range of products produced by this technology, but also to improve the quality and economic feasibility of individual varieties of ceramics. The emphasis on the introduction of technology of highly concentrated binding suspensions in certain areas of ceramics production is explained by the formation of a completely different structure of materials due to the increased content of nanoparticles in the composition of artificial ceramic binding suspensions, which contributes to a significant increase in mechanical strength while optimizing other basic technological quality indicators for ceramic materials and products. The possibility of reducing the firing temperature by 50-100°C, however, this issue requires additional research.

Keywords: artificial ceramic binders; highly concentrated binder suspensions; dross casting; feldspar; quartz sand; nanoparticles

Для цитирования: Дороганов В.А., Неверова Е.В., Станкович С. Исследование искусственных керамических вяжущих на основе силикатных материалов для производства керамики // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №3. С. 11 – 16. DOI: 10.34031/2618-7183-2018-1-3-11-16

For citation: Doroganov V.A., Neverova E.V., Stankovich S. Study of artificial ceramic binders based on silicate materials for ceramics industry. Construction Materials and Products. 2018. 1 (3). P. 11 – 16. DOI: 10.34031/2618-7183-2018-1-3-11-16

Поступила в редакцию 2 апреля 2018 г.
Принята в доработанном виде 5 июня 2018 г.
Одобрена для публикации 21 августа 2018 г.

Received: April 12, 2018.
Revised: June 5, 2018.
Accepted: August 21, 2018.