

УДК 666.3/7

**ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ВИДОВ ОТОЩИТЕЛЕЙ И ЦВЕТОНЕСУЩЕГО СЫРЬЯ НА СВОЙСТВА ИЗДЕЛИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ**

*д-р техн. наук, проф., А.Т. ВОЛОЧКО, канд. техн. наук К.Б. ПОДБОЛОТОВ, Н.А. ХОРТ  
(Физико-технический институт НАН Беларуси, Минск)*

**П.И. МАНАК**  
(ОАО «Обольский керамический завод»)

*Приведены исследования влияния комплексных видов отощителя и цветонесущих компонентов (пигментов) на свойства изделий строительной керамики. Построены диаграммы «состав – свойство» для комбинации трёх различных отощителей – отсева из материалов дробления горных пород, теннисита и речного песка, использование которых позволит выпускать изделия строительной керамики с заданными характеристиками, а также производить регулировку основных технологических параметров процесса сушки и обжига. Показана возможность использования в качестве цветонесущих компонентов различных промышленных отходов, которые обеспечивают получение изделий различной цветовой гаммы без ухудшения их основных физико-механических характеристик.*

**Ключевые слова:** строительная керамика, отощители, цветонесущие компоненты, чувствительность к сушке, прочность, цвет.

**Введение.** Строительная керамика – большая группа керамических изделий, применяющихся при строительстве жилых и промышленных зданий и сооружений. Керамические стеновые изделия – один из наиболее древних искусственных материалов, их возраст – около 5 тыс. лет. Строительный керамический кирпич является самым распространённым местным стеновым материалом, позволяющим экономить дефицитные металлы, цемент, а также транспортные средства. Керамический кирпич является конструкционным строительным материалом, обладающим прекрасными эксплуатационными, эстетическими и экологическими свойствами, что определяет его спрос в современном строительстве [1; 2].

Основным сырьевым материалом, применяемым при производстве изделий строительной керамики, является глина. Однако использование глин белорусских месторождений в чистом виде, без введения добавок, не всегда представляется возможным. Основное назначение добавок – это необходимость улучшения технологических свойств глин и повышение физико-механических характеристик готовых изделий. Основное количество добавок, применяемых при производстве изделий строительной керамики, относятся к отощающим материалам. Назначение отощающих материалов – это повышение технологических свойств глины за счёт снижения её пластичности и сушильной усадки. Введение отощающих добавок позволяет увеличить производительность формовочного оборудования, снижает время необходимое для сушки изделий. Правильно подобранное количество и вид отощающих материалов уменьшает количество брака, который может образоваться при формовании и сушке изделий строительной керамики. Выбор отощающих добавок во многом зависит от их наличия в непосредственной близости от предприятия. В настоящее время на большинстве керамических заводов Республики Беларусь в качестве отощающих компонентов применяются отсевы из материалов дробления горных пород (отсев), теннисит, кварцевый песок. Также, в последнее время получила распространение практика использования в качестве отощителя речного песка, который образуется при очистке русла рек [3; 4].

Ещё одной добавкой, применяемой в керамическом производстве, являются цветонесущие компоненты. Их назначение – расширить ассортимент выпускаемой продукции за счёт выпуска лицевой продукции различной цветовой гаммы. Лицевой керамический кирпич предназначен для наружной отделки стен и фундаментов зданий. Он может исполнять роль как отделочного, так и конструкционного материала. Применение различных цветонесущих компонентов позволяет изменять природный цвет обожжённого кирпича в широких пределах. В качестве цветонесущих материалов – пигментов – могут использоваться различные вещества, как природного происхождения, так и искусственно синтезированные. В последние годы наметилась тенденция использования в качестве цветонесущих материалов различных промышленных отходов. Это позволяет с одной стороны уменьшить стоимость лицевого керамического кирпича, а с другой – снижает загрязнение окружающей среды промышленными отходами и вовлекает в оборот неиспользуемое сырьё.

Целью данной работы является исследование влияния комплексных видов отощителя и цветонесущих видов сырья, а также отходов производства на свойства изделий строительной керамики.

**Материалы, способ подготовки сырьевых материалов и методы исследования.** В настоящей работе в качестве основного глинистого сырья для разработки составов изделий строительной керамики использовалась глина месторождения «Заполье» – основное сырьё для ОАО «Обольский керамический завод».

Данная глина имеет следующие характеристики: глинистая порода светло-коричневого цвета; структура крупнодисперсная, текстура беспорядочная (комковатая); легко поддается дроблению, хорошо размокает в воде, бурно вскипает, обработанная 10%-м (здесь и далее – приведены массовые проценты) раствором HCl. По числу пластичности глина относится к группе умеренно пластичного сырья (число пластичности 5–7). По чувствительности к сушке (по Чижевскому) – к группе высокочувствительного. По показателям огнеупорности сырья является легкоплавкой (1139 °C). По степени спекания глинистое сырье относится к группе неспекающихся. Содержит до 15% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, и до 55% SiO<sub>2</sub>, при этом количество свободного SiO<sub>2</sub> может достигать 25% [5; 6].

В качестве отощающих материалов были выбраны – теннисит, отсев из материалов дробления горных пород (далее – отсев) и речной песок. Гранулометрический состав используемых отощителей приведен в таблице 1.

Таблица 1. – Гранулометрический состав отощителей

Фракция	Теннисит	Отсев	Речной песок
	содержание фракции, мас. %		
> 2,5 мм	4,4	29,5	3,57
2,5–1,6 мм	22,4	13,25	3,85
1,6–1 мм	27,8	11,5	7,7
1–0,315 мм	33,4	19,5	53,55
< 0,315 мм	12	26,25	31,33

Для увеличения интенсивности природного цвета обожжённого черепка и расширения цветовой гаммы лицевого керамического кирпича использовались следующие цветонесущие компоненты: чистые оксиды железа (III) и хрома (III), отходы никельсодержащих шламов (содержат NiO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO<sub>2</sub> и др. оксиды), отходы абразивных кругов, загрязнённые железом, аспирационная пыль ОАО «Белорусский металлургический завод», а также глина месторождения «Городное».

Глины «Заполье» и «Городное» были предварительно высушены и размолоты до фракции размером менее 1 мм. Отощители были высушены и просеяны, для приготовления формовочных масс использовалась фракция 0–2,5 мм. Образцы для проведения исследования были изготовлены методом пластического формования. Количество отощителей и цветонесущих компонентов в составе керамических масс достигало 20%.

Пластическую керамическую массу изготовили путём смешивания предварительно взвешенных компонентов с добавлением воды до влажности массы 17–19% и последующим вылёживанием не менее 24 ч. Формование осуществлялось методом ручной набивки пластической массы в металлические формы в виде кирпичей размером 65 × 30 × 15 мм и цилиндров диаметром 30 мм и высотой 30–40 мм. После формования проведена сушка изделий в естественных условиях в течение не менее 24 ч с последующей сушкой в сушильном шкафу при температуре 100 ± 10 °C. После сушки образцы подвергались термической обработке в электропечи при температуре 1050 °C с выдержкой при максимальной температуре 1 ч.

Физико-механические характеристики полученных материалов оценивались по следующим параметрам: коэффициент чувствительности к сушке, кажущаяся плотность, водопоглощение, механическая прочность при сжатии. Цвет полученных образцов оценивался в соответствии с классификатором цветов по 1000-цветному атласу ВНИИ им. Д.И. Менделеева [7].

Обработка полученных результатов осуществлялась с помощью метода построения симплексных решёток. В нашем случае были построены диаграммы «состав – свойство» для трёхкомпонентной системы отсев-теннисит-речной песок. Расчёт и построение диаграмм произведён в программе Matlab. В вершинах треугольников находятся отощающие компоненты, содержание одного компонента в количестве 20% принято за 100% в смеси.

**Полученные результаты.** Суммарное количество отощителей, использованных при исследовании их влияния на свойства изделий строительной керамики, составляло 20%.

На рисунке 1 представлена диаграмма зависимости коэффициента сушки от состава.

Минимальный коэффициент чувствительности к сушке имеют образцы с содержанием 20% теннисита. С ростом количества отсева и речного песка в смеси чувствительность к сушке образцов увеличивается. Это можно объяснить тем, что в составе теннисита основную часть составляет фракция с размером зёрен более 1 мм, в отличие от отсева и речного песка, у которых основная часть представлена фракцией с размером зёрен менее 1 мм. Следует отметить, что максимальную чувствительность к сушке имеют составы с соотношением отсева и речного песка 1:1, а также соотношением теннисита и речного песка 1:1. По-видимому, у данных составов такое соотношение зёрен различных фракций, которое позволяет им быть равномерно распределёнными в глине. С одной стороны, это приводит к росту сушильной усадки, а с другой – усадка происходит равномерно во всех направлениях без возникновения внутренних напряжений на зёрнах отощителя.

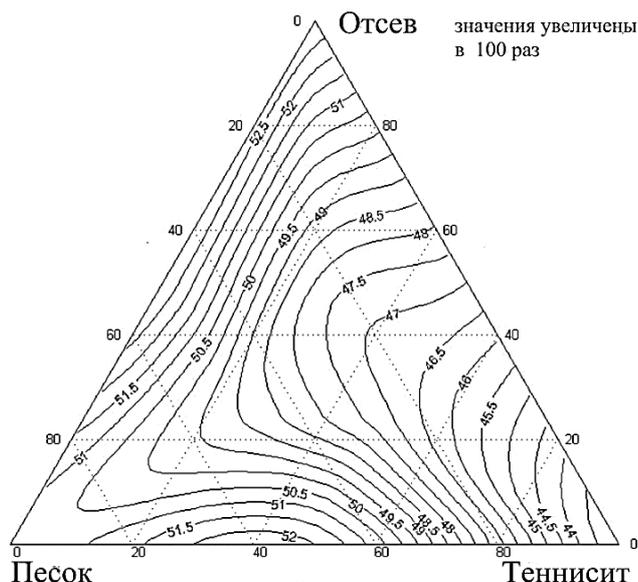


Рисунок 1. – Зависимость коэффициента чувствительности к сушке от состава шихты

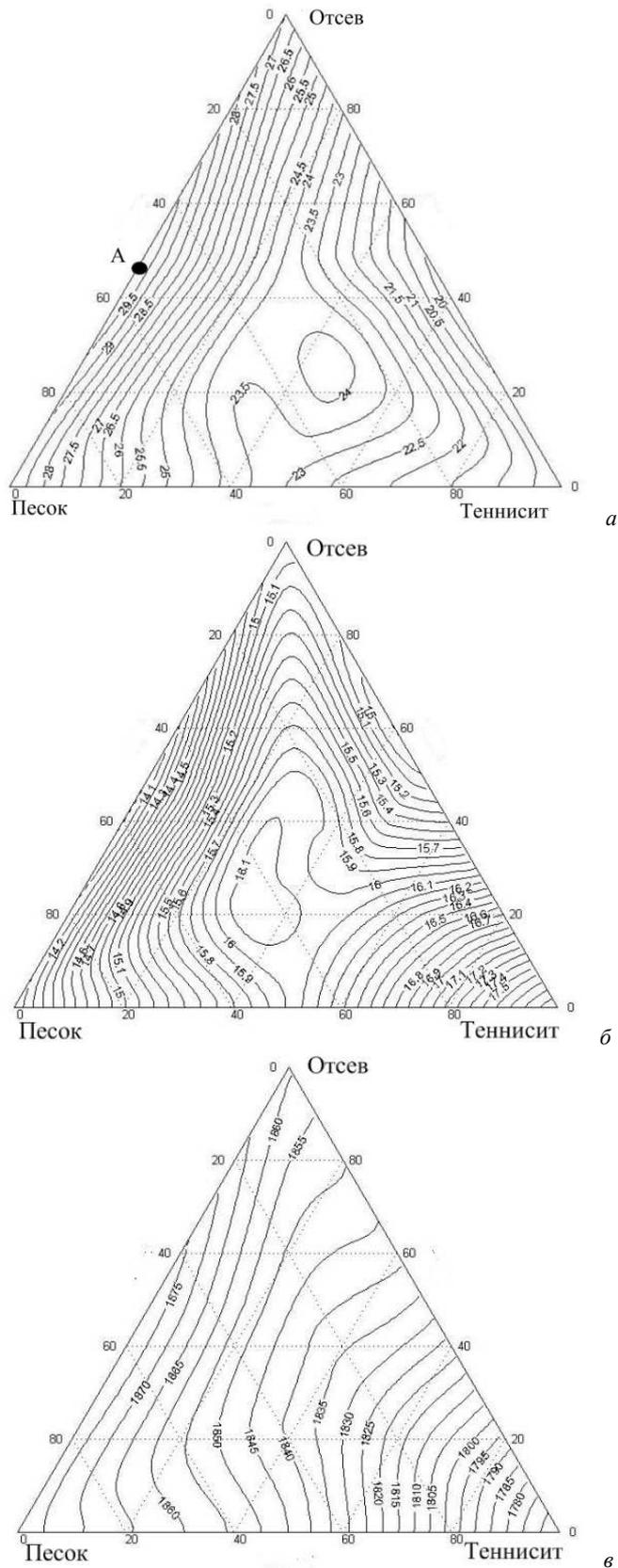
Зависимость основных физико-механических характеристик (прочности при сжатии, водопоглощения и кажущейся плотности) от состава приведена на рисунке 2. Полученные результаты определения прочности при сжатии образцов показали, что прочность при сжатии изменяется от 20 до 30,58 МПа. При температуре обжига 1050 °С область с максимальными значениями прочности при сжатии (рисунок 2, а) проходит вдоль линии составов «отсев – речной песок» с максимумом при соотношении отсева и речного песка 1:1, точка А. Водопоглощение образцов изменяется в диапазоне 14–18% (рисунок 2, б). Кажущаяся плотность полученных образцов изменяется в диапазоне от 1780 до 1880 кг/м<sup>3</sup> (рисунок 2, в).

Анализируя полученные результаты можно сделать следующие выводы: введение в состав шихт теннисита приводит к снижению прочности при сжатии, увеличивает водопоглощение и снижает кажущуюся плотность. Наличие у отсева и речного песка значительного количества фракции с размером зёрен менее 0,315 мм позволяет им активно участвовать в процессе спекания, образуя с глинистыми минералами высоковязкие расплавы, которые цементируют крупные частицы в монолитную массу. Теннисит, благодаря наличию значительного количества фракции с размером зёрен 1–2,5 мм, в процессе обжига образует каркас, скреплённый спёкшейся глиной. Такое различное поведение отошающих добавок в процессе обжига и обуславливает соответствующее изменение физико-механических свойств.

В таблице 2 приведены результаты определения цвета и механической прочности образцов, полученных при использовании различных цветонесущих компонентов.

Таблица 2. – Характеристика полученных образцов в зависимости от вида и содержания цветонесущих компонентов

№ состава	Цветонесущий компонент	Содержание цветонесущего компонента, мас. %	Цвет	Прочность при сжатии, МПа
1	Базовый состав	–	кремово-оранжевый	23,4
2	Оксид железа (III)	2,5	темно-жёлто-розовый	23,1
3		5	коричнево-оранжевый	23,5
4		10	красно-коричневый	24
5	Оксид хрома (III)	2,5	кофе с молоком	22,6
6		5	беж темный	23,9
7		5	беж темный	22,8
8	Никельсодержащий шлам	10	беж	21,5
9		15	серый	20,4
10		5	темно-жёлто-розовый	21,6
11	Отходы абразивных кругов	10	коричнево-оранжевый	20,1
12		20	красно-коричневый	18,3
13		5	кофе с молоком	21,5
14	Аспирационная пыль	10	палевый	20,6
15		Глина «Городное»	25	красно-кремово-оранжевый



*а* – прочность при сжатии; *б* – водопоглощение; *в* – кажущаяся плотность

Рисунок 2. – Зависимость физико-механических свойств от состава шихты

Показано, что использование различных цветонесущих компонентов позволяет существенно расширить ассортимент выпускаемых изделий строительной керамики. Так, введение в керамическую массу таких добавок как оксид железа (III), отходы абразивных кругов, а также глины «Городное», повышает насыщенность цвета изделий, получаемых из глины «Заполье», по сравнению с керамическими изделиями, изготовленными без цветонесущих добавок. Применение в качестве цветонесущих компонентов оксида хрома (III), никельсодержащих шламов и аспирационной пыли позволяет существенно изменять цвет керамических изделий. Таким образом, использование в качестве цветонесущих компонентов различных промышленных отходов позволяет заменить традиционные пигменты – чистые оксиды. Например, использование отходов абразивных кругов позволяет получить керамические изделия по цвету аналогичные изделиям, при изготовлении которых использовался пигмент в виде чистого оксида железа (III). Определение основных физико-механических характеристик полученных образцов с добавлением цветонесущих компонентов показало, что дополнительное введение в керамическую массу этих компонентов незначительно влияет на основные свойства строительной керамики. Так, из приведенных данных видно, что прочность при сжатии образцов изменяется незначительно (см. таблицу 2).

**Заключение.** На основе полученных результатов о влиянии комплексных видов отощающих компонентов на физико-механические свойства изделий строительной керамики можно оптимизировать составы керамических масс. Использование полученных результатов позволяет регулировать основные параметры процессов сушки и обжига в зависимости от отощителей, использованных при производстве. Установлено, что для производства изделий строительной керамики оптимальным является использование отсева или речного песка в смеси с тенниситом в соотношении 4:1. Использование данных составов позволит выпускать керамические изделия марки по прочности не ниже М250, при этом указанные составы обладают удовлетворительными сушильными свойствами.

Применение различных цветонесущих компонентов позволяет расширить ассортимент выпускаемых изделий строительной керамики без ухудшения основных физико-механических характеристик. Показано, что использование в качестве цветонесущих компонентов различных промышленных отходов позволяет выпускать изделия строительной керамики без повышения себестоимости.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Кирпич и камни керамические. Технические условия : СТБ 1160-99. – Введ. 02.06.1999. – Минск : БелГИСС: Госстандарт Беларуси, 1999. – 47 с.
- 2 Каникаев, И.С. Производство глиняного кирпича : учеб. / И.С. Каникаев, Е.Ш. Шейнман. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1978. – 248 с.
- 3 Августиник, Л.И. Керамика : учеб. / Л.И. Августиник. – 2-е изд., перераб и доп. – Л. : Стройиздат, 1975. – 592 с.
- 4 Золотарский, А.З. Производство керамического кирпича : учеб. пособие / А.З. Золотарский, Е.Ш. Шейнман. – М. : Высш. шк., 1989. – 264 с.
- 5 Волочко, А.Т. Огнеупорные и тугоплавкие керамические материалы / А.Т. Волочко, К.Б. Подболотов, Е.М. Дятлова. – Минск : Беларус. навука, 2013. – 385 с.
- 6 Левицкий, И.А. Основы производства керамических плиток / И.А. Левицкий, И.В. Пищ. – Минск : БГТУ, 2002. – 127 с.
- 7 Дятлова, Е.М. Химическая технология керамики и огнеупоров : лаборат. практикум / Е.М. Дятлова, В.А. Бирюк. – Минск : БГТУ, 2006. – 275 с.

Поступила 22.09.2020

#### INFLUENCE OF COMPLEX TYPES OF THINNERS AND COLOR-BEARING RAW MATERIALS ON THE PROPERTIES OF BUILDING CERAMICS PRODUCTS

A. VALOCHKA, K. PODBOLOTOV, N. KHORT, P. MANAK

*Reserchies of the influence of complex types of thinning agent and color-bearing components (pigments) on the properties of building ceramics are presented. The "composition-property" diagrams are constructed for a combination of three different thinners-screening from rock crushing materials, tennisite and river sand, the use of which will allow the production of construction ceramics with specified characteristics, as well as to adjust the main technological parameters of the drying and firing process. The possibility of using various industrial wastes as color-bearing components, which ensure the production of products of various colors without compromising their basic physical and mechanical characteristics, is shown.*

**Keywords:** building ceramics, thinners, color-bearing components, sensitivity to drying, strength, color.