

А.В. КОЛПАКОВ¹, Е.С. АБДРАХИМОВА², С.А. СТЕЦЕНКО³

¹Самарский государственный экономический университет, г. Самара, Россия,

²Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, г. Самара, Россия,

³Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ СДВИГА СИСТЕМЫ ИЗВЕСТНЯКОВАЯ МУКА — МЕЖСЛАНЦЕВАЯ ГЛИНА — ВОДА» ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Аннотация. Получен керамический кирпич на основе межсланцевой глины и известковой муки без применения природных традиционных материалов. Процесс сушки керамического кирпича необходимо провести по оптимальному режиму, под которым понимают сочетание возможно малой его длительности, минимальных затрат энергии и высокого качества полуфабриката — отсутствие коробления, трещин и скрытых напряжений, которые способствуют появлению трещин в обжиге. При получении керамического кирпича только из межсланцевой глины, используемой в качестве глинистой связующей, без применения отощителей, наблюдается резкое падение предельного напряжения сдвига в интервале температур 20-80°С, очевидно за счет появления трещин и деформационных искривлений. Использование в керамических массах известковой муки при получении керамического кирпича замедляет падение предельного напряжения сдвига в интервале температур 20-80°С. Исследования показали, что для улучшения сушильных свойств керамической массы система «известковая мука — межсланцевая глина — вода» более однородна, по отношению к системе «межсланцевая глина — вода». Анализ предельного напряжения сдвига в условиях горячего формования показал, что особое значение в этом случае приобретает функция зависимости пластической прочности от формовочной влажности $P_m = f(W, t)$ чем функция зависимости пластической прочности от температуры $P_m = f(t)$.

Ключевые слова: известковая мука, вода, глинистый компонент, сушка, температура, предельное напряжение.

A.V. KOLPAKOV¹, E.S. ABDRAKHIMOVA², S.A. STETSENKO³

¹Samara State Economic University, Samara, Russia,

²Samara National Research University named after academician S.P. Queen, Samara, Russia,

³Samara State Technical University, Samara, Russia

RESEARCH OF EXTREME TENSION OF SHIFT OF THE SYSTEM LIMESTONE POWDER — INTERSLATE CLAY — WATER" AT THE INCREASED TEMPERATURES

Abstract. Ceramic brick based on interlayer clay and lime flour is obtained without using natural traditional materials. The process of drying ceramic bricks should be carried out according to the optimal mode, which means a combination of its possibly short duration, minimum expenses of energy and quality semi-finished product — lack of buckling, Cracks and hidden stresses, which contribute to the formation of cracks in the burning. When making ceramic brick only from interlayer clay, Used as clay binder, without the use of repellents, there is a sharp drop in the limit shear stress in the temperature range of 20-80 °C, obviously due to the appearance of cracks and deformation curves. The use of lime flour in ceramic masses in the production of ceramic brick slows down the drop of the limit shear stress in the temperature range 20-80 °C. Researches showed that for improvement of drying properties of ceramic weight the "limy flour • interslate clay water" system is more uniform, in relation to the "interslate clay • water" system. Analysis of the shear stress limit under hot molding conditions has shown that the function of plastic strength versus molding humidity $P_m = f(W, t)$ is of particular importance in this case than the function of plastic strength versus temperature $P_m = f(t)$.

Keywords: lime flour, water, clay component, drying, temperature, limit voltage.

Введение.

Проблемы с сырьевыми материалами. Не секрет, что во многих регионах России в настоящее время природные сырьевые ресурсы на грани истощения, а в современных экономических условиях, когда на геологоразведочные работы государство практически прекратило финансирование, весьма важным является принятие оптимальных управленческих решений по выбору сырьевых материалов, которые дают максимальный социально-экономический эффект [1]. Опыт передовых зарубежных стран показал техническую возможность по замещению природного традиционного сырья различными видами отходов, применение которых еще и является инструментом защиты природной среды от загрязнения [2-4].

Согласно европейскому законодательству (Директива Европейского Парламента и Совета Европейского Союза 2008/98/ЕС), существует приоритетность методов управления отходами. В этом законодательстве указано, что наиболее приемлемым вариантом утилизации отходов является их использование в строительных и других материалах [5].

Неограниченными возможностями использования отходов производств обладает отрасль, производящая строительные керамические материалы [4-7]. Это объясняется крупными масштабами строительного комплекса, его материалоемкостью и номенклатурой изделий [5].

За счет вовлечения многотоннажных отходов в производство керамических материалов массового потребления, к которым относится легковесный кирпич, возможно, кардинально изменить параметры сырьевой базы России, что способствует также снижению экологической напряженности в регионах [4-7].

Вопросы о сушке кирпича. На протяжении всего развития производства пластического формования керамического кирпича сушке изделий всегда уделялось большое внимание, так как сушка является весьма важным и ответственным этапом технологического процесса [8-10]. Именно при сушке из керамических изделий пластического формования удаляется вся влага, как полученная им с сырьем, так и специально введенная при формовании.

Исследованию процессов, происходящих при сушке керамического кирпича пластического формования с применением в качестве отощителей – кальцийсодержащих отходов производств отходов, в литературе встречается крайне редко. Необходимо отметить, что при сушке керамического кирпича удаляется в среднем 70% влаги, а при обжиге — остальные 30%, при этом на 1000 шт. керамического кирпича при обжиге расход условного топлива составляет 105 кг, а при сушке 60 кг [8-10].

Процесс сушки керамического кирпича необходимо провести по оптимальному режиму, под которым понимают сочетание возможно малой его длительности, минимальных затрат энергии и высокого качества полуфабриката — отсутствие коробления, трещин и скрытых напряжений, которые способствуют появлению трещин в обжиге [8-10].

Весь опыт сушки керамических изделий указывает, что наиболее опасным периодом сушки является начальный [10]. Очевидно, здесь кроме наиболее интенсивной влагоотдачи с поверхности изделия наблюдается одновременное выравнивание влажности между отдельными участками и затухание формовочных деформаций. Этот период является как бы продолжением процесса формования.

Практически на всех российских кирпичных заводах одним из самых часто встречающихся видов брака при сушке кирпича являются трещины (порой в виде невидимых «волосных» трещин) и скрытые напряжения, которые проявляются уже при обжиге в виде хорошо видимых трещин. Раньше на такие виды брака не обращали особого внимания, так как все равно получался кирпич марки М100-125, вполне достаточный для строительства домов 4-9 этажей [11]. Кроме того, кирпичи марок М150 и выше стоили гораздо дороже.

С появлением 12-20 этажных зданий появилась необходимость в производстве кирпича марок от 150 и выше [12]. И чтобы не менять сырьевые материалы технологи заводов стали искать способы по ликвидации трещин и скрытых напряжений при сушке. Одним из таких

способов является подогрев керамической массы, при котором нагревается и вода. Нагрев, как известно, воды способствует уменьшению ее вязкости и вода становится более подвижной, а значит и легче удаляется из керамической массы. Высокотемпературное формование кирпича взяли на вооружение в передовых западных странах более 20 лет назад.

Одним из резервов сокращения сроков сушки является повышение начальной температуры изделий [13-15]. Прогрев сформованных изделий на первых позициях сушильных установок не получил распространение на керамических заводах при пластичном формовании. Причиной этому является разрушение изделий при конденсации влаги на поверхности. Поэтому в последние годы все больше внимание уделяется вопросам высокотемпературного формования. Так, во Франции и ФРГ широкое распространение получила предварительная подсушка и одновременный прогрев глины в специальных агрегатах [15]. Итальянская фирма «Морандо» в составе глиноперерабатывающего оборудования предусматривает и «фильтры-смесители», устанавливаемые непосредственно перед прессом для дополнительной обработки массы и прогревом ее паром под давлением 13 атм. с температурой 200°C. Авторы работ [13-15] считают, что одной из наиболее существенных реологических характеристик керамических смесей является предельное напряжение сдвига или пластическая прочность — P_m .

Цель работы: а) получение керамического кирпича на основе межсланцевой глины и известняковой муки без применения природных традиционных материалов; б) исследование влияния известняковой муки на предельное напряжения сдвига керамической массы при температурах 20, 40 и 80°C.

Методика.

Для изготовления образцов глинистый компонент после высушивания в шкафу при 110°C, измельчался до прохождения сквозь сито № 1,0 мм. Известняковая мука не измельчалась, так как представляет собой пылевидный материал с размером частиц не более 0,5 мм.

Смесь глинистого материала и известняковой муки тщательно перемешивалась, увлажнялась, затем (для однородности) дважды пропускалась через лабораторный ленточный пресс без мундштука.

Для определения пластической прочности применялся достаточно хорошо изученные и проверенные на практике прибор и методика, разработанные ИТТФ АН УССР, и использованные во многих работах [10, 11, 13-16]. Исследуемые керамические массы (глинистая масса без отощителя и оптимальный состав) предварительно нагревались в сушильном шкафу до температуры не более 80°C в целях сокращения времени сушки, помещались в бюкс и покрывались слоем коллодия и фольги. Бюкс помещался в специальный конус, к которому подсоединялся водяной термостат. Температура керамической массы измерялась с помощью нескольких термопар, введенных в шихту на различную глубину. Для исключения высыхания керамической массы в конусах помещался бюкс с водой, что позволило создать относительную влажность воздуха $\phi = 100\%$.

Экспериментальная часть

Сырьевые материалы

В качестве сырьевых материалов использовались: межсланцевая глина – в качестве глинистого связующего и известняковая мука – в качестве отощителя. Химические составы сырьевых материалов: оксидный и поэлементный приведены в таблицах 1 и 2, а фракционный в таблице 3.

Таблица 1 - Химический состав исследуемых отходов

Компонент	Содержание оксидов, мас. %						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	П.п.п.
1. Межсланцевая глина	45-47	13-14	5-6	11-13	2-3	3-4	9-20
2. Известняковая мука	33-34	7-7	1-2	42-43	3-4	2-3	10,5-11,5

Таблица 2 - Поэлементный анализ отходов

Компонент	Элементы									
	C	O	Na	Mg	Al+Ti	Si	S	K	Ca	Fe
1. Межсланцевая глина	5,73	51,06	0,46	1,04	7,20	20,66	1,83	1,75	853	3,35
2. Известняковая мука	—	55,7	1,2	3,2	4,7	14,8	—	—	19,8	0,6

Таблица 3 –Фракционный состав отходов

Компонент	Содержание фракций в %, размер частиц в мм				
	>0,063	0,063-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,0001
1. Межсланцевая глина	5	7	12	14	62
2. Известняковая мука	11,5	13,3	14,8	19,1	41,4

Микроструктура межсланцевой глины представлена на рисунке 1,а и 1,б.

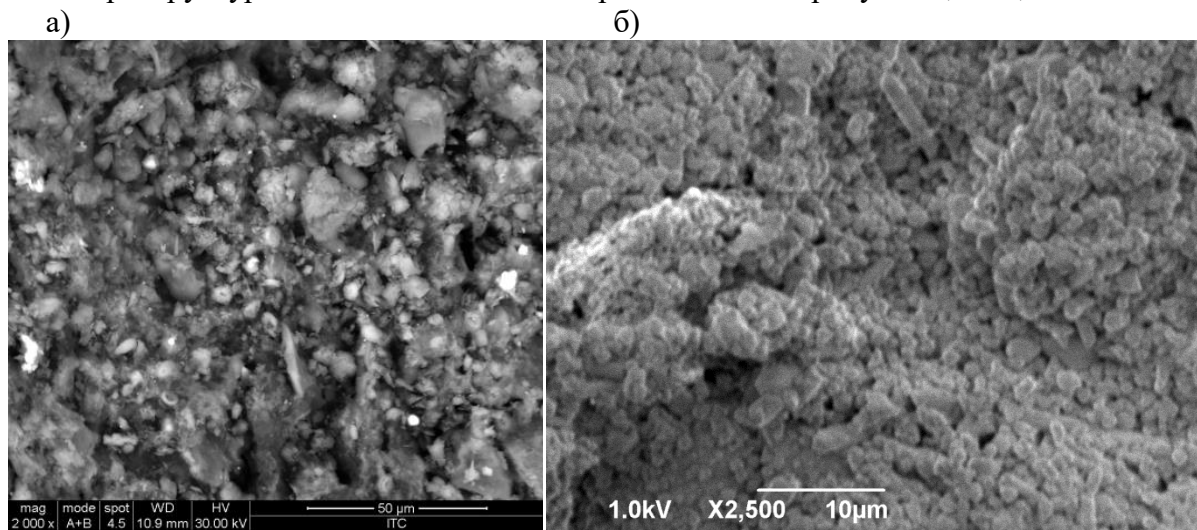


Рисунок 1 - Микроструктура исследуемых отходов: а) — межсланцевая глина, б) — известняковая мука
Рисунки получены с помощью электронного растрового сканирующего микроскопа Phillips 525M.
Увеличение: а) — $\times 1000$; б) — $\times 2500$.

Межсланцевая глина, образуется при добыче горючих сланцев на сланцеперерабатывающих заводах (на шахтах), она является отходом горючих сланцев. По числу пластичности межсланцевая глина относится к высокопластичному глинистому сырью (число пластичности 27-32) с истинной плотностью 2,55-2,62 г/см³ [1, 2, 5, 17].

Минералогический состав межсланцевых глин разнообразен, однако общим для них является наличие кремнезема, гидрослюды, монтмориллонита и кальцита.

Глинистые минералы в межсланцевой глине в основном представлены монтмориллонитом с примесью гидрослюды, поэтому она вполне может заменить монтмориллонитовую глину при производстве пористого заполнителя, например керамзита [1, 2, 5, 17].

Известняковая мука является отходом известкового завода (Самарская область). Повышенное содержание оксида кальция ($\text{CaO} > 40\%$) в известняковой муке (таблица 1 и 2) будет способствовать спеканию керамического кирпича.

Техногенное сырье с повышенным содержанием оксида кальция ($\text{CaO} > 40\%$) помимо снижения чувствительности глин к сушке еще и интенсифицирует процессы обжига кирпича (снижает температуру обжига).

Известно, что CaO , несмотря на высокую температуру плавления, в глинодержащих массах является сильным плавнем вследствие образования с Al_2O_3 и SiO_2 сравнительно легкоплавких соединений [18]. При температурах около 1000 °C взаимодействие между CaO и

глинистыми веществами еще незначительно, а при более высоких температурах реакция интенсифицируется, образуются уплотняющие легкоплавкие соединения, эвтектики и стекла.

Исследование предельного напряжения. Предельное напряжение сдвига при температурах 20, 40 и 80°C изучалось на составах, представленных в таблице 4.

Таблица 4 – Составы керамических масс

Компоненты	Содержание компонентов, мас. % (Составы)	
	1	2
1. Межсланцевая глина	100	65
2. Известняковая мука	—	35

Примечание: состав №1 взят для сравнения (без применения отощителей), состав №2 – оптимальный для получения образца

По связующей способности легкоплавкая глина межсланцевая глина относится к группе пластичные — она может связать 40% отощителей. Поэтому в составах керамических масс, приведенных в таблице 4, не превышает 40% (35%). Связующая способность глин определяет возможность сохранять пластичность при смешивании с непластичными материалами. Связующая способность глины выражается в том, что она может связать частицы непластичных материалов (песка, шамота и пр.) и образовывать при высыхании достаточно прочное изделие.

Зависимость предельного напряжения сдвига (P_m) от формовочной влажности и температуры представлена на рисунке 2.

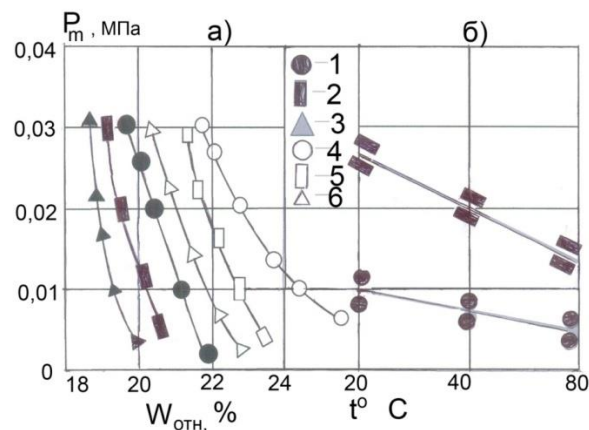


Рисунок 2 – Зависимость предельного напряжения сдвига (P_m) от формовочной влажности и температуры:
 а) Зависимость (P_m) от формовочной влажности: 1, 2, 3 — керамические массы из состава №2; 4, 5, 6 — керамические массы из состава №1; температура 1 и 4 — 20°C, 2 и 5 — 40°C, 3 и 6 — 80°C.
 б) Зависимость (P_m) от температуры: 1 — состав №2; 2 состав №1, ($W_{отн.} = 22\%$)

С повышением температуры (от 20 до 80°C) предельное напряжение сдвига состава № 2 (оптимального состава) при относительном влагосодержании ($W_{отн.} = 22\%$) уменьшается с 0,01 до 0,004 МПа.

Кроме того, интервал влагосодержания, в пределах которого система находится в пластичном состоянии, с увеличением температуры смещается в сторону меньших влагосодержаний (рисунок 2, а), например, для состава № 2 от 22 до 18,5%. Это связано с ослаблением и разрушением отдельных связей в системе, с уменьшением числа непосредственных контактов между частицами вследствие увеличения интенсивности теплового движения частиц и молекул дисперсной среды.

При температуре 20°C кривая зависимости P_m от W более пологая (рисунок 2,а, кривые 1 и 4), а при температуре 80°C кривые стремятся к прямой линии (рисунок 2,а, кривые 3 и 6, особенно для состава № 2). Выпрямление кривых связано с быстрым тепловым движением молекул. Это движение приводит к более интенсивному обмену молекул между слоями связанной воды и свободной воды и вследствие чего происходит сглаживание кривизны.

Более сильное сглаживание кривизны происходит в системе известняковая мука — глина — вода, т.е. эта система более однородна, по отношению к системе глина — вода.

Повышение температуры в различной степени влияет на падение предельного напряжения сдвига образцов из глинистого компонента (состав № 1) и образцов из состава № 2. Причем в составе № 2 зависимость $P_m = f(t)$ более пологая, чем в составе № 1 (рисунок 1,б, кривые 1 и 2). Резкое падение предельного напряжения сдвига состава № 1 в интервале температур 20-80°C способствует появлению трещин и деформационных искривлений в исследуемых образцах. Повышенное содержание в составах керамических массах глинистой составляющей способствует повышению чувствительности керамической массы к температуре [10, 11, 13, 16, 19, 20]. Эта особенность керамической массы препятствует перспективной технологии горячего прессования [10, 11, 13, 15, 16].

Анализ предельного напряжения сдвига в условиях горячего формования показал, что особое значение в этом случае приобретает не сколько $P_m = f(t)$, а сколько $P_m = f(W, t)$, что подтверждают и работы [10, 11, 13, 16].

В таблице 5 приведены физико-механические показатели кирпича, обожженного при температуре 1050°C.

Таблица 5 – Физико-механические показатели керамического кирпича

Показатель	Составы	
	1	2
Пластичность керамической шихты (безразмерная величина)	22	15
Время сушки необожженного кирпича, час	80	60
Усадка высушенного кирпича-сырца (полуфабриката)	6,8	5,8
<i>Физико-механические показатели керамического кирпича</i>		
Плотность, кг/м ³	1740	1880
Морозостойкость, циклы	22	33
Механическая прочность при сжатии, МПа	11,2	13,4
Механическая прочность при изгибе, МПа	2,1	2,9
Усадка, %	7,8	7,2
Теплопроводность, Вт/(м·°C)	0,52	0,65
Термостойкость, циклы	3	4
Кислотостойкость, %	80,2	82,4

Как видно из таблицы 5, введение в составы керамических масс известняковую муку значительно повышает основные физико-механические показатели кирпича.

При обжиге керамического кирпича с использованием кальцийсодержащего сырья образуется алюмосиликатный расплав, который в соответствие с современными представлениями состоит из простых катионов (K^+ , Na^+ , Ca^{++} и т.д.) и сложных анионных комплексов типа $Si_xAl_yO_z$ [21-23]. Кремний и алюмокислородные анионы, будучи крупными агрегатами, образуют большие и малоподвижные комплексы, вследствие чего алюмосиликатные расплавы имеют высокую вязкость [21-23]. Катионы Ca^{++} способствуют частичному переходу (AlO_4) в (AlO_6) и не создают условий возникновению комплексов групп (AlO_4) и (SiO_4) [4-6]. Поскольку некоторая часть CaO , введенная с кальций содержащими сырьевыми материалами, переходит в расплав, то размер и сложность комплексных анионов уменьшается. Изменение строения расплава сопровождается усилением спекания.

Выводы

Получен керамический кирпич на основе отходов производств без применения природных традиционных сырьевых материалов. Исследования показали, что при получении образцов только из глинистого компонента без применения отощителей, наблюдается резкое падение предельного напряжения сдвига в интервале температур 20-80°C, что способствует появлению трещин и деформационных искривлений в исследуемых изделиях. Повышенное содержание в составах керамических массах глинистой составляющей способствует

повышению чувствительности керамической массы к температуре. Эта особенность керамической массы препятствует перспективной технологии горячего прессования.

При использовании в керамических массах известняковую муку при получении образцов не наблюдается резкое падение предельного напряжения сдвига в интервале температур 20-80°C и в этом случае зависимость $P_m = f(t)$ более пологая, чем в образцах состава без применения отощителей. Более сильное сглаживание кривизны происходит в системе известняковая мука — глина — вода, т.е. эта система более однородна, по отношению к системе глина — вода.

Анализ предельного напряжения сдвига в условиях горячего формования показал, что особое значение в этом случае приобретает не сколько $P_m = f(t)$, а сколько $P_m = f(W, t)$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдрахимов В.З. Экономические и практические аспекты использования отходов горючих сланцев в производстве легковесного кирпича // Экономика строительства. 2020. №1. С. 64-73.
2. Абдрахимов В.З. Исследование тепломассообменных процессов при обжиге керамических материалов на основе межсланцевой глины и нефтяного шлама // Бурение и нефть. 2019. №3. С. 52-55.
3. Абдрахимов В.З. Использование нефтяного шлама в производстве пористого заполнителя способствует развитию «Зеленой» экономики и транспортно-логистической инфраструктуры // Бурение и нефть. 2019. №11. С. 54-59.
4. Абдрахимов В.З. Влияние отходов производства минеральной ваты — диабазовой шихты на физико-механические показатели и фазовый состав керамического кирпича // Известия вузов. Строительство. 2019. №8. С. 37-44.
5. Абдрахимов В.З. Рециклинг отходов топливно-энергетического комплекса в производстве легковесного кирпича на основе глинистых материалов различного минерального состава // Экология промышленного производства. 2020. №1. С. 10-16.
6. Кайракбаев А.К., Абдрахимов В.З., Абдрахимова Е.С. Использование магний-хромитовых шламов Западного Казахстана в производстве огнеупоров на основе фосфатовых связующих // Новые огнеупоры. 2019. №6. С. 17-19.
7. Абдрахимов В.З. Использование золошлакового материала и нанотехногенного карбонатного шлама в производстве кирпича на основе бейделлитовой глины // Строительство и реконструкция. 2019. №2. С. 81-89.
8. Баскаков С.В. Сушка кирпича. М.: Стройиздат, 1966. 172 с.
9. Mary Lissy P.N. et al. Energy efficient production of clay bricks using industrial waste // Heliyon. 2018. Vol. 4. No.10. Pp. 234-241.
10. Кайракбаев А.К., Абдрахимов В.З. Влияние золошлакового материала «АО АКТОБЕ ТЭЦ» на предельное напряжение при сушке кирпича // Уголь. 2020. №3. С. 76-8.
11. Абдрахимов В.З. Влияние нанотехногенного сырья на сушильные свойства и физико-механические показатели керамического кирпича // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2020. №1. С. 29-34.
12. Абдрахимов В.З. Использование обожженного солевого шлама для получения высокопрочного сейсмологического кирпича // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2019. №5. С. 45-50.
13. Сайбулатов С.Ж., Пиевский И.М., Степанова А.И., Нурбагуров К.А. Исследование реологических свойств и напряженного состояния зологлиняных керамических масс в процессе сушки // Промышленная теплотехника. 1982. Т.4. №3. С. 62-65.
14. Dovzhenko I. G. Effect of metallurgical slags on the drying properties of ceramic bodies for the production of facing brick production // Glass and Ceramics. 2014. Vol. 70. No.11-12. Pp. 444-447.
15. Сайбулатов С.Ж., Сулейменов С.Т., Ралко А.В. Золокерамические стеновые материалы. Алма-Ата: Наука, 1982. 292 с.
16. Абдрахимов В.З. Исследование предельного напряжения сдвига состава пиррофиллит – глинистый компонент – вода при повышенных температурах // Новые огнеупоры. 2019. №7. С. 55-57.
17. Abdрахимов V.Z., Abdрахимова, E.S. Study of the Distribution of Iron Oxides in Intershale Clay and Oil Sludge Porous Filler with Mossbauer Spectroscopy // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2019. Vol. 53, Issue 4, Pp. 703-707
18. Добужинский В.И. Новая технология керамических плиток. М.: Стройиздат, 1977. 232 с.
19. Zhang L. Production of bricks from waste materials—A review // Construction and building materials. 2013. Vol. 47. Pp. 643-655.
20. Malaiskiene J., Maciulaitis R., Kicaite A. Dependence of ceramics physical–mechanical properties on chemical and mineralogical composition // Construction and Building Materials. 2011. Vol. 25. No. 8. Pp. 3168-3174.

21. Куколев Г.В. Химия кремния и физхимия силикатов. М: Изд-во «Высшая школа», 1966. 250 с.
22. Пашенко А.А., Мясников А.А., Мясникова У.А., Старчевская У.А., Гумен В.С., Круглицкая В.Я., Шевченко Л.А., Городов В.С., Алексеенко Н.В., Сербин В.П. Физическая химия силикатов. М: «Высшая школа», 1986. 368 с.
23. Абдрахимова Е.С., Рощупкина И.Ю., Абдрахимов В.З., Кайракбаев А.К., Колпаков А.В. Влияние топливосодержащих отходов на структуру пористости теплоизоляционного материала // Строительство и реконструкция. 2018. №2. С. 113-120.

REFERENCES

1. Abdrakhimov V.Z. Economic and practical aspects of the use of waste oil shale in the production of lightweight bricks // Economics of construction. 2020. №1. Pp. 64-73.
2. Abdrakhimov V.Z. Investigation of heat and mass exchange processes in the firing of ceramic materials based on interslane clay and oil sludge // Drilling and oil. 2019. №3. Pp. 52-55.
3. Abdrakhimov V.Z. The Use of oil sludge in the production of porous aggregate contributes to the development of the "Green" economy and transport and logistics infrastructure // Drilling and oil. 2019. №11. Pp. 54-59.
4. Abdrakhimov V.Z. Influence of waste products of mineral wool and diabase charge on physical and mechanical parameters and phase composition of ceramic bricks // Izvestiya vuzov. Construction. 2019. No. 8. Pp. 37-44.
5. Abdrakhimov V.Z. Recycling of fuel and energy complex waste in the production of lightweight bricks based on clay materials of various mineral composition // Ecology of industrial production. 2020. №1. Pp. 10-16.
6. Kairakbayev A.K., Abdrakhimov V.Z., Abdrakhimova E. S. Use of magnesium-chromite slurries of Western Kazakhstan in the production of refractories based on phosphate binders // New refractories. 2019. No. 6. Pp. 17-19.
7. Abdrakhimov V. Z. Use of ash and slag material and nanotechnogenic carbonate sludge in the production of bricks based on beidellite clay // Construction and reconstruction. 2019. №2. Pp. 81-89.
8. Baskakov S. V. Drying of bricks. Moscow: Stroizdat, 1966. 172 p.
9. Mary Lissy P.N. et al. Energy efficient production of clay bricks using industrial waste // Heliyon. 2018. Vol. 4. No.10. Pp. 234-241.
10. Kayrakbaev A.K., Abdrakhimov V. Z. Influence of the ash material", JSC of AKTOBE TETS" on the limit stress during drying of brick // Coal. 2020. №3. Pp. 76-8.
11. Abdrakhimov V.Z. Influence of nanotechnogenic raw materials on drying properties and physical and mechanical parameters of ceramic bricks // Earthquake-Resistant construction. Safety of structures. 2020. №1. Pp. 29-34.
12. Abdrakhimov V.Z. Use of burnt salt slag for obtaining high-strength seismological bricks // Earthquake-Resistant construction. Safety of structures. 2019. №5. Pp. 45-50.
13. Saybulatov S.J., Peevski I.M., Stepanova A.I., Nurbaturov K.A. Investigation of rheological properties and the stress state sologianini ceramic bodies during the drying process // Industrial heat engineering. 1982. T4. №3. Pp. 62-65.
14. Dovzhenko I. G. Effect of metallurgical slags on the drying properties of ceramic bodies for the production of facing brick production // Glass and Ceramics. 2014. Vol. 70. No.11-12. Pp. 444-447.
15. Saybulatov S.J., Suleimenov S.T., Ralko A.V. Raw meal zolokeramicheskikh wall materials. Alma-ATA:: Nauka, 1982. 292 PP.
16. Abdrakhimov V.Z. Investigation of the ultimate shear stress of the composition of pyrophyllite-clay component-water at elevated temperatures // New refractories. 2019. No. 7. Pp. 55-57.
17. Abdrakhimov V.Z., Abdrakhimova, E.S. Study of the Distribution of Iron Oxides in Intershale Clay and Oil Sludge Porous Filler with Mossbauer Spectroscopy // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2019. Vol. 53, Issue 4, Pp. 703-707
18. Dobuzhinsky V.I. New technology of ceramic tiles. Moscow: Stroizdat, 1977. 232 s.
19. Zhang L. Production of bricks from waste materials—A review // Construction and building materials. 2013. Vol. 47. Pp. 643-655.
20. Malaškiene J., Maciulaitis R., Kicaite A. Dependence of ceramics physical–mechanical properties on chemical and mineralogical composition // Construction and Building Materials. 2011. Vol. 25. No. 8. Pp. 31-68-31-74.
18. Kukolev G.V. Chemistry of silicon and physical chemistry of silicates. M: Publishing house "Higher school", 1966. 250 p.
19. Paschenko A.A., Myasnikov A.A., Myasnikova U.A., Starchevskaya U.A., Guмен V.S., Kругlicskaya V.Ya., Shevchenko L.A., Gorodov V.S., Alekseenko N.V., Serbin V.P. Physical chemistry of silicates. M: "Higher school", 1986. 368 p.
20. Abdrakhimova E.S., Roshchupkina I.Yu., Abdrakhimov V.Z., Kairakbayev A.K., Kolpakov A.V. Influence of fuel- containing waste on the porosity structure of thermal insulation material // Construction and reconstruction . 2018. No.2. Pp. 113-120.

Информация об авторах:

Колпаков Александр Викторович

Самарский государственный экономический университет, г. Самара, Россия,
старший преподаватель кафедры землеустройства и кадастров.

E-mail: samarastroy@list.ru

Абдрахимова Елена Сергеевна

ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»,
г. Самара, Россия,

кандидат технических наук, доцент кафедры химии.

E-mail: 3375892@mail.ru

Стеценко Сергей Александрович

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия,
заведующий лабораторией рентгеновской дифрактометрии, электронной и зондовой микроскопии центра коллективного пользования.

E-mail: stecenco@yahoo.com

Information about authors:

Kolpakov Alexander V.

Samara State Economic University, Samara, Russia,
senior lecturer of department of land management and cadastres

E-mail: samarastroy@list.ru

Abdrakhimova Elena S.

FSAEI HE "Samara National Research University named after academician S.P. Queen", Samara, Russia,
candidate of technical sciences, associate professor of department of chemistry.

E-mail: 3375892@mail.ru

Stetsenko Sergey Al.

Samara State Technical University, Samara, Russia,
head of the laboratory of x-ray diffractometry, electron and probe microscopy, center for collective use.

E-mail: stecenco@yahoo.com