

*Мавлянов А.С., Сардарбекова Э.К.*

**ЧОПО СЫРЬЕСУНУН ГРАНУЛОМЕТРИЯЛЫК КУРАМЫНА ЖАНА АНЫН  
ТЕХНОЛОГИЯЛЫК КАСИЕТТЕРИНЕ МЕХАНИКАЛЫК АКТИВДЕШТИРҮҮНҮН  
ТААСИРИ**

*Мавлянов А.С., Сардарбекова Э.К.*

**ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ НА  
ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
КЕРАМИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА**

*A.S. Mavlyanov, E.K. Sardarbekova*

**INFLUENCE OF MECHANICAL ACTIVATION OF RAW MATERIALS ON  
GRANULOMETRIC COMPOSITION AND ON TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF  
CERAMIC MATERIAL**

УДК: 666.03.022

*Авкватор-аралаштыргыч жолу менен механикалык активдештирүүнүн (МА) чопо-чан сырьесунун гранулометриялык курамына натыйжалары келтирилген. МА чопо материалдык жогорку чачырандылык берет деп аныкталган: кум (100-50 микрон) жана чан (50-5 мм) бөлүкчөлөр айып багытында кыскартылат жана чопо бөлүкчөлөрү (кем 5 микрон) 1,7-2,2 эсе өстү. Негизги технологиялык касиеттерине МА чопо сырьесунун таасири изилденген: МА чоподон жасалган керамикалык массанын эпке келгичи төмөн нымдуулугу менен 57-76% га көбөйгөн жана аба чогуусу төмөндөйт.*

**Негизги сөздөр:** механикалык активдештирүү, чачырандылык, кумдуу, чандуу, чополуу бөлүкчөлөрү, эпке келгичтик, нымдуулук, аба чогуу, сезгичтик баасы.

*Приведены результаты гранулометрического состава пылеватых суглинков после механической активации (МА) в смесителе-активаторе. Установлено, что МА глинистого сырья обеспечивает более высокую дисперсность: песчаные (100-50 мкм) и пылеватые (50-5 мкм) частицы уменьшаются в сторону мелких фракций, а глинистые частицы (менее 5 мкм) увеличиваются в 1,7-2,2 раза. Исследовано влияние МА на основные технологические свойства суглинков: пластичность керамических масс на основе механоактивированного глинистого сырья при пониженной формовочной влажности увеличивается на 57-76% по сравнению с неактивированным, воздушная усадка при этом уменьшается.*

**Ключевые слова:** механическая активация, дисперсность, песчаные, пылеватые, глинистые частицы, пластичность, формовочная влажность, воздушная усадка, коэффициент чувствительности.

*This paper has drawn outcomes of granulometric composition of dusty loams after mechanical activation (MA) in a mixer. It has also established that MA of clay materials provides a higher dispersion: sandy (100-50 μm) and dusty (50-5 μm) particles shrink towards smaller fractions, whereas clay particles (less than 5 μm) expand by 1.7-2.2. This paper has studied an impact of MA on fundamental technological properties of loams: plasticity of ceramic materials on the basis of mechanically activated clay materials within a decreased molding humidity expands by 57-76% compared to inactivated clay materials, though air shrinkage decreases.*

**Key words:** mechanical activation, dispersion, sandy, dusty, clay particles, plasticity, sensitivity index, molding humidity, air shrinkage.

Основным сырьем для производства керамического кирпича в Кыргызской Республике являются, в основном, лессовидные суглинки. В большинстве своем суглинки являются малопластичными, неспекающимися, низкодисперсными, карбонизированными, с малым количеством глинистых и значительным содержанием пылеватых частиц, что обуславливает неудовлетворительные технологические свойства сырья. Поэтому весьма актуальным является разработка новых эффективных способов обработки сырья и ресурсосберегающей технологии, обеспечивающих выпуск качественной продукции на основе запесоченных глин и суглинков.

Для повышения качества керамических изделий разработано множество способов управления физико-механическими свойствами глинистых дисперсных систем, конечной целью которых является разрушение их природной структуры. Одним из перспективных способов активации сырья в технологии стеновой и строительной керамики является механический, способствующий [1] интенсификации последующих технологических процессов получения керамических материалов.

В технологии производства керамических материалов существует положительный опыт использования механической активации (МА) с целью улучшения качества глинистого сырья. Авторами [2,3] установлено, что к результатам механической активации относят не только увеличение удельной поверхности глинистых частиц, но и степень аморфизации минералов и накопление дефектов их структуры.

Наибольшей аморфизации и дефектообразованию при диспергировании подвержены кварц и кальцит [4]. Механоактивация способствует уменьшению плотности кварца [4], а тонкое измельчение кальцита приводит к ранней его диссоциации [1]. Реакционная способность смеси, подверженной МА резко возрастает. Кроме того, измельчение существенно влияет на структуру глинистых минералов (каолинита) [4].

Известно [5], что при более тонком измельчении разрушаются водопрочные оболочки, цементирующие отдельные зерна глинообразующих минералов, происходит частичное разрушение самих зерен и освобождение в конечном счете молекулярных

связей, за счет которых глина будет гидратироваться, присоединяя к себе большое количество свободной воды.

Необходимо отметить, что при диспергировании наряду с разрушением происходит необратимое пластическое деформирование поверхностных слоев, упрочнение частиц по мере уменьшения размеров, а также их агрегирование, снижается энергия мелющего тела ввиду появления у тонко измельченных веществ вязкости. В результате изменения условий диспергирования процесс останавливается в некотором состоянии, когда скорость разрушения становится равной скорости агрегирования [1,7]. Кроме того, известно [4,6], что глинистые частицы подвержены в большей мере известному явлению в механоактивации – молекулярности, чем отощающие компоненты. Поэтому при преобладании в сырье глинистой составляющей в результате диспергирования нет заметного увеличения дисперсности из-за молекулярно-плотной агрегации [6].

Целью данной работы является изучение влияния механической активации на изменение гранулометрического состава суглинков и анализ технологических свойств керамических масс на основе механоактивированного глинистого сырья.

В качестве сырьевых материалов использованы глинистые суглинки месторождений Баш-Карасу, Токмок и Аджидар. Гранулометрический состав приведен в табл. 1.

Таблица 1.

Гранулометрический состав суглинков

Месторождение	Массовое содержание фракций, %		
	Песчаные частицы 100-50 мкм	Пылеватые частицы 50-5 мкм	Глинистые частицы менее 5 мкм
Баш-Карасу	14,78	75,22	10
Токмок	20,02	63,58	16,4
Аджидар	11	76,65	12,35

Согласно ГОСТ 9169-75 глинистое сырье месторождений Баш-Карасу и Аджидар является грубодисперсным (менее 5 мкм – 10 и 12,35%), у сырья месторождения Токмок фракций менее 5 мкм содержится 16,4%, что относит его к низкодисперсному. Песчаные частицы (фракции от 100 до 50 мкм) глинистого сырья содержатся в количестве 11-20,02%, представленные в основном кварцем, кальцитом.

Следует отметить высокое содержание пылеватых фракция (фракции 50-5 мкм) - до 76,65%, содержащие полевой шпат, кремнезём и карбонаты [8]. В глинистом сырье Токмоцкого месторождения преобладает коллоидно-илистая фракция менее 5 мкм – 16,4%.

По числу пластичности глинистое сырье месторождений Баш-Карасу и Аджидар относятся к группе малопластичного сырья, Токмок – к умереннопластичному.

Высушенное глинистое сырье измельчалось в лабораторной мельнице, просеивалось через сито с размером отверстий 1 мм и подвергалось механической активации в течение 3 и 6 минут в смесителе-активаторе. Гранулометрический состав песчаной и крупнопылеватой фракции определяли ситовым методом на стандартном наборе сит №№ 50,40,32,20, 10 мкм (рис. 1,2,3).

Результаты проведенных исследований показали, что частицы размером 100-63 мкм, составляющие 3,5-10,4% в исходных суглинках

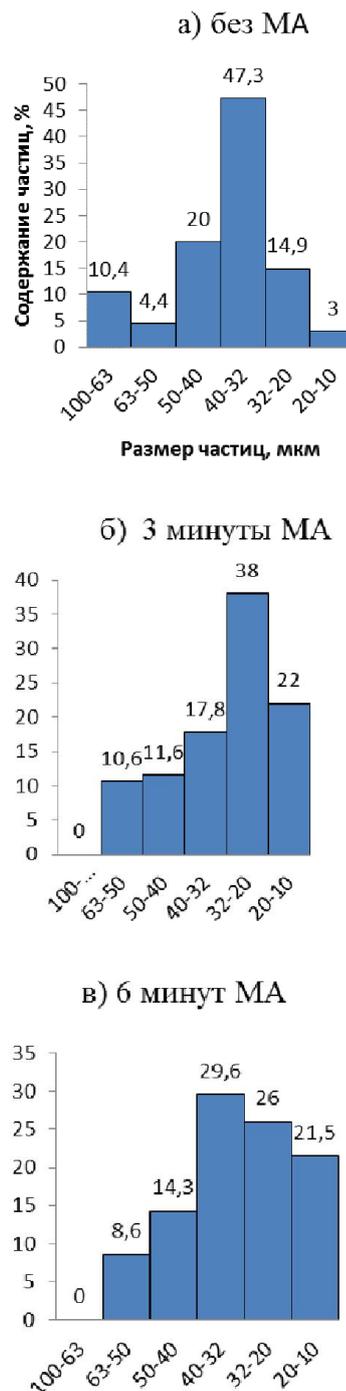


Рис. 1. Распределение частиц по размерам глинистого сырья месторождения Баш-Карасу

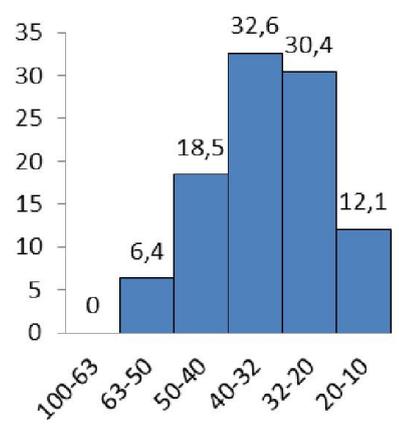
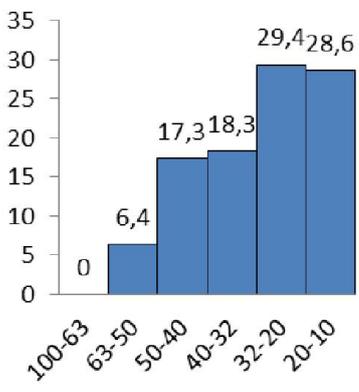
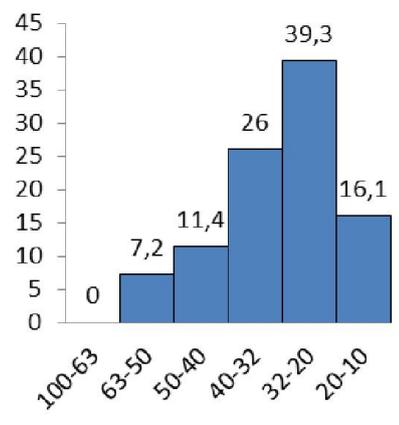
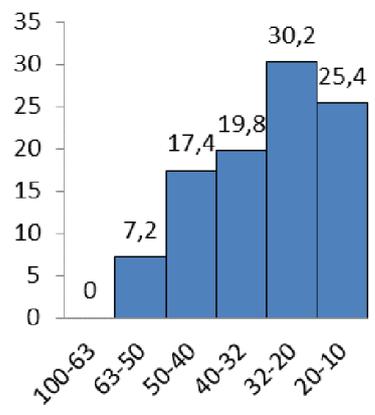
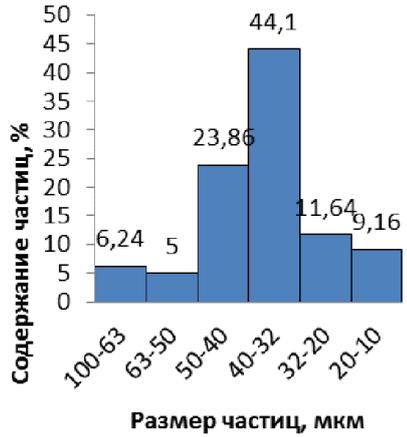
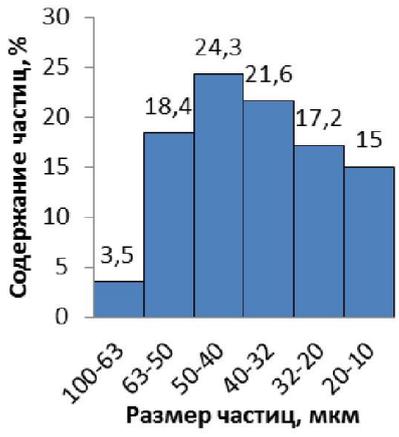


Рис. 2. Распределение частиц по размерам глинистого сырья месторождения Токмок

Рис. 3. Распределение частиц по размерам глинистого сырья месторождения Адзидар

(рис. 1-3, а) в процессе измельчения полностью исчезают, что способствует устранению вредного влияния карбонатов, содержащихся в данной фракции. Максимальное содержание фракций 42-32 мкм глинистого сырья месторождений Баш-Карасуу (рис. 1) и Аджидар (рис. 3) в результате 3 минутной МА резко снизилось с 47,3 до 17,8% и с 44,1 до 26%, а при 6 минутах МА повысилось: с 17,8 до 29,6% и с 26 до 32,6% соответственно. 3-минутная МА в 2-3 раза увеличила содержание частиц размером 32-20 мкм суглинков Баш-Карасуу и Аджидар (рис.1,б и 3,б), однако при 6 минутах МА максимальное количество частиц оказалось в диапазоне 42-32 мкм (рис. 1, в и 3,в). Это можно объяснить частичной аморфизацией зерен при диспергировании с развитием в них дефектов, энергия которых обусловила в дальнейшем образование новых агрегированных частиц. Очевидно, что скорость при 6 минутах МА становится равной скорости агрегирования.

Значительное уменьшение наблюдается при МА с 3 до 6 минут частиц размером 20-10 мкм у суглинка месторождения Аджидар: с 16,1 до 12,1%, уменьшение этих частиц в суглинке Баш-Карасуу незначительно – 0,5%.

У суглинка Токмоцкого месторождения наблюдается более равномерное распределение частиц по размерам (рис. 2, а).

Средний размер частиц 50-40 мкм с содержанием 24,3% уменьшился до 32-20 мкм с содержанием частиц 30,2% при 3 минутах МА (рис. 2, б) и 29,4% при 6 минутах МА (рис. 2 в).

Явное увеличение фракций происходит в диапазоне 40-32 мкм: с 17,2 до 30,2 % при 3-минутной активации (рис. 2, б) и до 29,4% - при 6 мин. МА (рис. 2, в). Содержание частиц размером 20-10 мкм возрастает с увеличением времени МА 3 минут на 10,4%, а при МА 6 минут всего на 3,2%.

Для проверки изменений размеров пылеватой фракции (50-5 мкм) в результате механической активации, а также для определения глинистых частиц (менее 5 мкм) применяли метод Рутковского. Согласно этому методу при оценке зернового состава выделяют три фракции: глинистые – менее 5 мкм; пылеватые – 5-50 мкм и песчаные – 50 мкм и более. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Гранулометрический состав суглинистого сырья**

Место-рождение	Время активации, мин.	Массовое содержание частиц, %, в интервале с граничными радиусами, мкм.		
		Песчаные более 50 мкм	Пылеватые 50-5 мкм	Глинистые менее 5 мкм
Баш-Карасуу	0	14,78	75,22	10
	3	10	68,65	21,35
	6	8,64	70,36	21
Токмок	0	20,02	63,58	16,4
	3	7	65,3	27,7
	6	6	65,4	28,2
Аджидар	0	11	76,65	12,35
	3	7	68,99	24,01
	6	6,5	70,19	23,31

Из полученных данных табл.2 видно, что с увеличением времени активации уменьшаются песчаные частицы, увеличиваются пылеватая и глинистая фракции.

Механическая активация позволила значительно увеличить содержание фракции с размером частиц менее 5 мкм. Если до МА эта фракция составляла 10-16,4%, то после МА в течение 3 минут это значение возросло до 21,35-27,7%, т.е. на 113,5% у башкарасуйского, на 94,4% у аджидарского и на 68,9% у токмоцкого глинистого сырья. Относительно меньшее увеличение частиц менее 5 мкм у токмоцкого суглинка подтверждает заключение о том, что глинистые частицы подвержены большей молекулярной агрегации. У глинистого сырья месторождения Баш-Карасуу и Аджидар при МА до 6 минут глинистые частицы уменьшились незначительно: с 21,35 до 21% и с 24,01 до 23,31% соответственно. В Токмоцком суглинке частицы менее 5 мкм незначительно возрастают с увеличением времени МА.

Результаты испытаний механоактивированного глинистого сырья показали характер изменения его технологических свойств и позволили выявить критерий, определяющий необходимую степень активации суглинка (табл.3).

Для исследования глинистого сырья на технологические свойства образцы-плиточки размером 50x50x5 мм на основе исходного и механически активированного глинистого сырья оформляли по пластичной технологии с формовочной влажностью 22-24%. Керамическая масса была подвергнута предварительному вылеживанию в течение 10 суток.

Как правило, важными показателями по общепринятым методикам, определяющими свойства масс, являются число пластичности, воздушная усадка и коэффициент чувствительности. Результаты проведенных экспериментов приведены в табл.3 и рис. 4-6.

Таблица 3

**Технологические свойства сырьевой смеси**

Место-рождение	Время МА, мин.	Формовочная влажность, %	Число пластичности	Воздушная усадка, %	Коэффициент чувствительности
Баш-Карасуу	0	24	5,1	5,51	1,4
	3	20	9	3,6	1,5
	6	19	7	2,17	1,54
Токмок	0	24	7	4,6	1,3
	3	28	11	4,8	1,35
	6	28,5	12	5,6	1,35
Аджидар	0	23	5,7	4,4	1,5
	3	19	9	3,3	1,55
	6	21	9	3,4	1,63

У глинистой массы на основе 3-минутно активированного суглинка месторождения Баш-Карасуу (табл. 3, рис. 4) уменьшается формовочная влажность с 24% до 20%, но увеличиваются число пластичности с 5,1 до 9. Это объясняется тем, что глиняное тесто достигло пластического состояния

при высоком интервале влажностей, т.е. верхнего и нижнего предела пластичности. Таким образом, формовочная влажность достигнута при меньшем содержании воды и, соответственно, на такой массе меньше воздушная усадка.

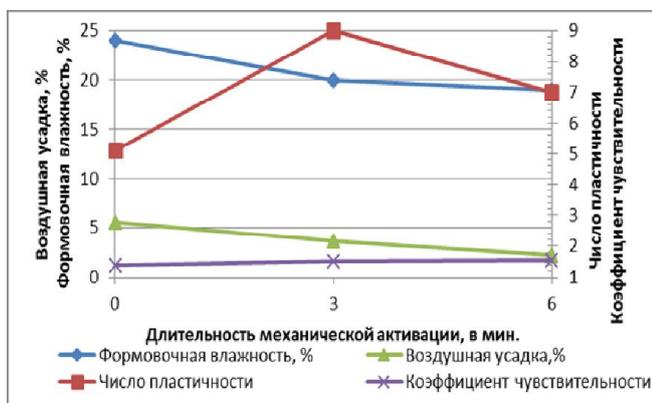


Рис. 4. Зависимости технологических свойств от времени МА глинистого сырья месторождения Баш-Карасуу

Дальнейшее увеличение механической активации до 6 минут уменьшает формовочную влажность сырья месторождения Баш-Карасуу до 19% и число пластичности, уменьшается соответственно воздушная усадка.

Из табл. 3 и рис. 5 видно, что с увеличением механической активации у глинистых масс месторождений Токмок увеличиваются формовочная влажность и число пластичности. Обуславливается это освобождением молекулярных связей за счет разрушения водопрочных оболочек глинообразующих минералов [5], содержание которых в токмокомском суглинке значительно выше, чем в суглинках Баш-Карасуу и Аджидар, а также частичное разрушением и аморфизацией самих зерен. Глина гидратируется, присоединяя к себе большое количество свободной воды. Воздушная усадка при этом увеличивается (рис. 5).

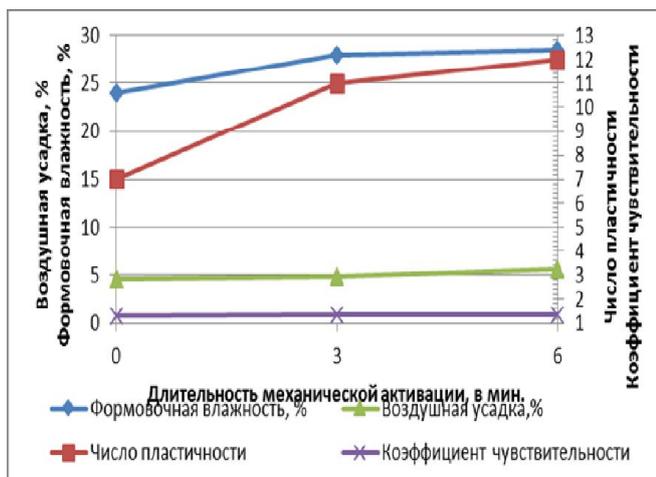


Рис. 5. Зависимости технологических свойств от времени МА глинистого сырья месторождения Токмок

У аджидарского глинистого сырья (рис. 6) при МА до 3 мин. увеличивается число пластичности с 5,7 до 9, снижается воздушная усадка с 4,4 до 3,3%, а при МА 6 минут эти значения практически не меняются и составляют 9 и 3,4% соответственно.

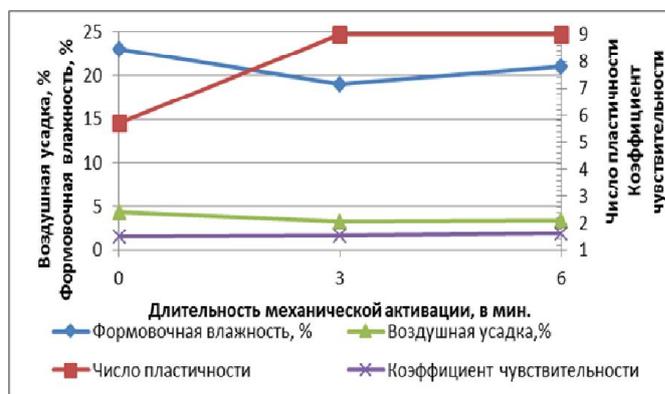


Рис. 6. Зависимости технологических свойств от времени МА глинистого сырья месторождения Аджидар

Формовочная влажность при 3 минутах МА уменьшается с 23 до 19%, а при 6 минутах – до 21%. Коэффициент чувствительности повышается с увеличением МА: с 1,5 до 1,55 при 3 мин. МА и до 1,63 при 6 мин. МА.

Увеличение коэффициента чувствительности в образцах на основе всех МА суглинков объясняется разрушением грубодисперсных частиц, в частности, песчаных и большей дисперсностью пылеватых частиц. Вследствие чего усиливается межмолекулярное взаимодействие между частицами, снижая при этом эластичность керамической массы, обуславливающая развитие упругих задержанных деформаций, которые, в свою очередь, способствуют воспринимать и компенсировать керамической массе большие тепловые напряжения без нарушения сплошности [9]. Масса с пониженной эластичностью становится более чувствительна к сушке. Для повышения эластичности необходимо вводить отошающие компоненты в керамическую массу, например пески или золы.

Результаты исследований показали, что механическая активация сырья до 6 минут не столь значима для регулирования его технологических свойств.

Таким образом, на основании проведенных анализов можно сделать следующие выводы:

Установлено, что механическая активация сырья пылеватых суглинков обеспечивает более высокую дисперсность: песчаные частицы (100-50 мкм) уменьшаются, а частицы менее 5 мкм увеличиваются на 69-114%, т.е. 1,7-2,2 раза.

Пластичность керамических масс на основе механоактивированного сырья при пониженной формовочной влажности увеличивается на 57-76%, воздушная усадка при этом уменьшается.

Коэффициент чувствительности к сушке на основе МА глинистого сырья повышается. Для понижения коэффициента чувствительности реко-

мендуется добавление в керамическую массу песка или золы в качестве отощителя.

**Список использованной литературы**

1. Молчанов В.И., Селезнева О.Г., Жирнов Е.Н. Активация минералов при измельчении.- М.: Недра, 1988, 208 с.
2. Тацки Л.Н., Стороженко Г.И., Машкина Е.В., Кузмичев Н.В. Эффективный способ повышения качества керамического кирпича// Сб.статей МПК «Тенденции формирования науки нового времени». Т.33. 2013 г. Ч.4. Уфа: РИЦ БашГУ, 2014. -330 с.
3. Стороженко Г.И. Технология производства изделий стеновой керамики из активированного глинистого сырья: Автореф.дис... д-ра техн. наук/ Г.И.Стороженко. -Томск. -2000. -44с.
4. Ходаков Г.С. Тонкое измельчение строительных материалов. -М.: Наука, 1972. 230 с.
5. Юшкевич, Роговой. Технология керамики. / М.: Стройиздат. 1969. 350 с.
6. В.С. Гвоздь. Влияние механоактивизации низкосортного глинистого сырья на качество строительной керамики. // Вестник Сумского Национального Аграрного Университета №8. 2013. –С. 24-30.
7. Андриюшкова, О.В. Механохимия создания материалов с заданными свойствами: учебное пособие/ О.В. Андриюшкова, В.А. Полубояров, И.А. Паули. – 2-е изд.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. - 352 с.
8. Шатемиров К.Ш., Лозицкая С.Ф. Физико-химические основы обессоливания лессово-глинистых изделий. Изд.: Илим, Фрунзе, 1980, 95 с.
9. Нечипоренко С.П. Физико-химическая механика дисперсных структур в технологии строительной керамики / Нечипоренко С.П. – Киев.: Наукова думка, 1971. – 72 с.

**Рецензент: д.т.н., профессор Абдыкалыков А.**