

**ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ АКТИВАЦИИ НА
СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАСС**
**INFLUENCE OF COMPLEX ACTIVATION ON STRUCTURAL AND
MECHANICAL CHARACTERISTICS OF MASSES**

УДК 666.3.022.4

Мавлянов Абдырахман Субанкулович

*доктор технических наук
профессор Университета Адам/БФЭА
г. Бишкек, Кыргызская Республика
e-mail: adike13@yahoo.com*

Сардарбекова Эльмира Карагуловна

*кандидат технических наук
КРСУ им. Б.Н. Ельцина
г. Бишкек, Кыргызская Республика*

Аннотация: В работе исследуются технологические и структурно-механические характеристики керамических масс на основе суглинка с золой, механо- и комплексно активированного (КА) суглинка с золой.

Установлена взаимосвязь технологических и структурно-механических свойств глинозольных смесей от механо- и комплексной активации. Выявлены оптимальные составы, состоящие из КА суглинка с 45% добавкой золы с последующей обработкой ПАВ 0,1%.

Установлено, что керамические массы на основе КА глинозольного сырья относятся к типу хорошо формирующихся с улучшенными структурно-механическими характеристиками.

Abstract: In the work, technological and structural-mechanical characteristics of ceramic masses based on loam with ash, mechanically activated and complex activated (CA) loam with ash are investigated.

The interrelation of technological and structural-mechanical properties of ash-clay mixtures from mechanical-, complexly activated is established. The optimal compositions were revealed, consisting of CA loam with 45% ash added, followed by a 0.1% surfactant treatment.

It has been established that ceramic masses based on CA of clay ash raw material are of the type well formed with improved structural-mechanical characteristics.

Ключевые слова: суглинки; зола; глинозольная смесь; комплексная активация; технологические, реологические свойства; деформации; пластичность; эластичность.

Key words: loam; ash; ash-clay mixture; complex activation; technological, rheological properties; deformations; plastic; elasticity.

Критерием разработки энерго- и ресурсосбережения является использование отходов производства. Известно, что наиболее перспективным как с точки зрения минералогического состава, так и по объему накопления является использование золы в производстве керамического кирпича. [1]

Ранее [1] были исследованы влияния совместной механической активации (МА) на технологические свойства глинозольных масс.

Чтобы усилить эффективность воздействия МА на улучшение реологических и технологических свойств керамических масс в данной работе применялась комплексная активация суглинков с золой и пластифицирующей добавкой. В качестве сырьевых материалов были использованы местные лессовидные суглинки и зола Бишкекской ТЭЦ (БТЭЦ), химический и гранулометрический состав которых приведен в табл. 1,2. В качестве ПАВ применили пластификатор ПО-ПБ-7 (нафтенат натрия, полученный из щелочных отходов химического производства).

Таблица 1 -Химический состав сырья

Сырьевые компоненты	Химический состав, % по массе										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	R ₂ O	Ппп	Σ
Суглинок	53,9	13,1	4,45	10,85	1,68	0,4	-	-	-	8,41	98,79
Зола ТЭЦ	51,57	21,87	3,70	3,09	1,24	1,47			0,52	16,54	100

Таблица 2 -Гранулометрический состав сырья

Сырьевые компоненты	1-0,25 мм	0,25-0,05 мм	0,05-0,01 мм	0,01-0,005мм	0,005-0,001мм	менее 0,001мм
Суглинок	1,5	11,3	48,7	20,7	16,1	1,7
Зола ТЭЦ	6,6	11,48	51	7,36	15,36	8,2

Комплексную активацию (КА) проводили в следующем порядке. Смесь из суглинистого сырья и золы БТЭЦ (0 до 75%), подвергали совместной механической активации (МА) в смесителе-активаторе в течение 3 мин. Время активации было принято на основе проведенных ранее исследований [1,2]. Затем затворяли водой с формовочной влажностью (22-24%) с пластифицирующей добавкой ПО-ПБ-7 в количестве 0,1%. Данная дозировка обусловлена тем, что при введении более 0,1% ПО-ПБ-7 будет способствовать вовлечению в смесь более 5% воздуха, что может увеличить пластичность, но снизить при этом пластическую прочность структуры. После вылеживания в течение 10 суток масс различного состава были определены их реологические характеристики.

Для выбора оптимальных составов на приготовленных массах из механоактивированного (МА), комплексно активированного (КА) и не активированного (исходного) суглинка с золой (в количестве от 0 до 75%) определяли пластическую прочность структуры P_m на коническом портативном пластометре ПЛ-10. Составы смесей и технологические свойства приведены в табл. 1.

P_m определяли графическим путем как точку пересечения кривых зависимостей от абсолютной влажности W (рис. 1). На первом участке, где P_m выше значения P_m от

ЭКОНОМИКА

оптимальной влажности W_{onm} недостаточно развиты гидратные оболочки из-за содержания в дисперсной системе преимущественно связанной воды. На втором участке происходит полное развитие гидратных оболочек. Увеличивается число контактов, по которым действуют вандерваальсовы силы, что улучшает деформационные свойства массы. Здесь масса приобретает, так называемое, рабочее состояние. Дальнейшее увеличение влажности приводит к резкому изменению свойств массы, обусловленное большим количеством иммобилизованной воды, масса теряет связность и перестает формоваться.

Для выбора оптимальных составов за критерий формуемости было принято значение угла β верхнего прямолинейного участка кривой P_m к оси абсцисс (рис.1). Из данных заводской практики максимально допустимый предел колебаний давления, передаваемого массе ленточным прессом, выражающийся как предел колебаний P_m , и соответствующий ему максимально допустимый предел колебаний влажности W , приняты равными 0,1МПа и 2% соответственно, поэтому $ctg\beta$ не должен быть меньше 2 [3].

Таблица 1 - Технологические характеристики составов

Состав	Шифры	Добавка золы, %	Форм. влажн. W_ϕ , %	Пласт. прочн. P_m , МПа	$ctg\beta$	Кэфф. чувств. K_ψ
Исходные	I	0	24	1,52	1,7	1,4
	II	15	24,3	1,4	1,2	0,9
	III	30	24,5	1,1	1	0,73
	IV	45	25	0,6	0,8	0,49
	V	60	26	0,53	0,7	0,4
	VI	75	28	0,4	0,6	0,37
МА	I'	0	25	1,7	1,5	1,5
	II'	15	23	1,59	1,9	1,08
	III'	30	23,5	1,5	2	0,88
	IV'	45	24	1,28	2,2	0,55
	V'	60	25	1	2	0,5
	VI'	75	26	0,8	1,7	0,45
КА	I''	0	19	1,87	2,1	1,5
	II''	15	19,6	1,87	2,2	0,89
	III''	30	20	1,8	2,4	0,6
	IV''	45	20,6	1,68	2,5	0,44
	V''	60	22,5	1,36	2	0,35
	VI''	75	23	1,2	1,8	0,3

Исследованиями установлено, что P_m и угол $ctg\beta$ у исходных масс (рис. 1, а) уменьшаются, формовочная влажность W_ϕ увеличивается с увеличением добавки золы. Это связано с уменьшением ван-дер-ваальсовых сил межмолекулярного притяжения. На твердых частицах развиваются гидратные оболочки, в системе появляется свободная вода и ослабляется действие капиллярных сил. Кроме того, добавка золы играет пептизирующую (деагрегирующую) роль, увеличивающая степень гидратации частиц.

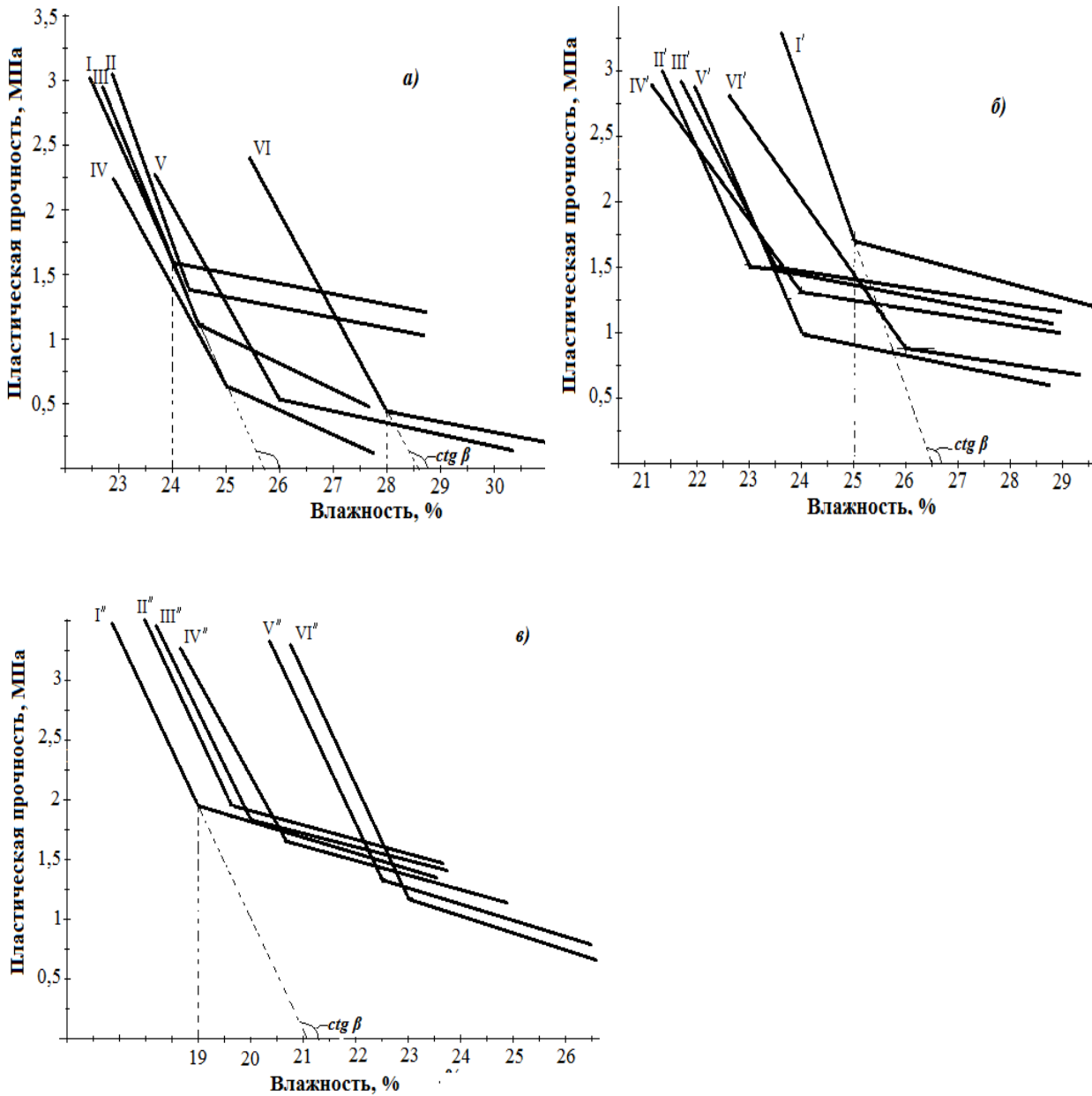


Рис. 1. Влияние формовочной влажности на пластическую прочность: а – исходных, б – МА, в – КА зологлиняных масс

В МА составах (рис. 1, б) уменьшение P_m и увеличение W_f с увеличением количества добавки золы происходит незначительно вследствие ослабления пептизирующей роли золы и увеличения сил межмолекулярного притяжения частиц за счет МА. Предел колебаний влажности колеблется от 1,5-2,2% (табл. 1).

В КА составах (рис. 1, в, табл. 1) увеличивается $ctg \beta$, что позволяет массе с пониженной влажностью хорошо формоваться на ленточном прессе. Наибольший угол наклона $ctg \beta = 2,5$ имеет КА глинозольная масса с 45% добавкой золы (IV'' состав). P_m при этом увеличивается в сравнении с неактивированным и МА составами. Это происходит по следующим причинам. При совместной МА измельченные частицы суглинка и золы, в том числе несгоревшие угольные, сферолитовые, аморфизированные глинистые и др., соударяясь и перетираясь друг с другом и частицами суглинка способствовали образованию реакционноспособных участков частиц. А при КА (последующей активации ПАВ) полностью устранилось пептизирующее действие золы: межмолекулярные силы

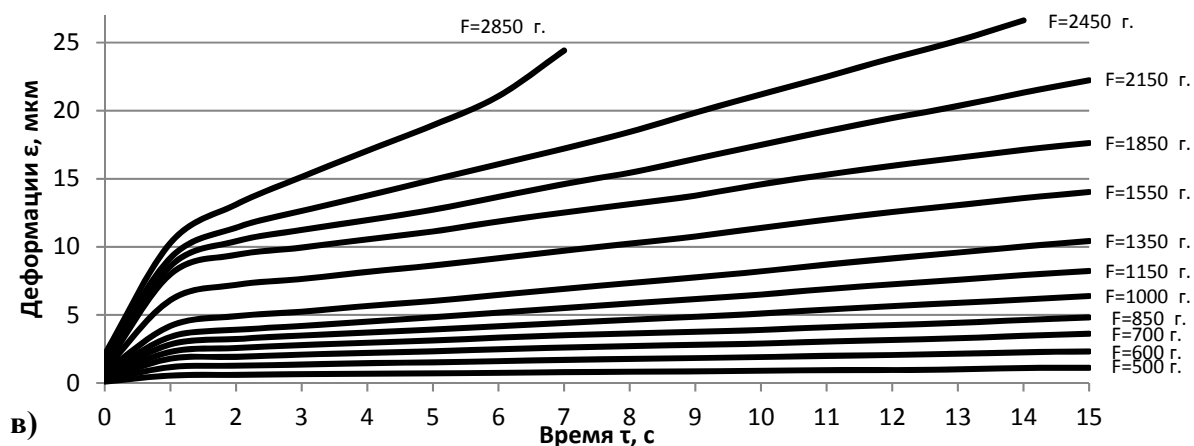
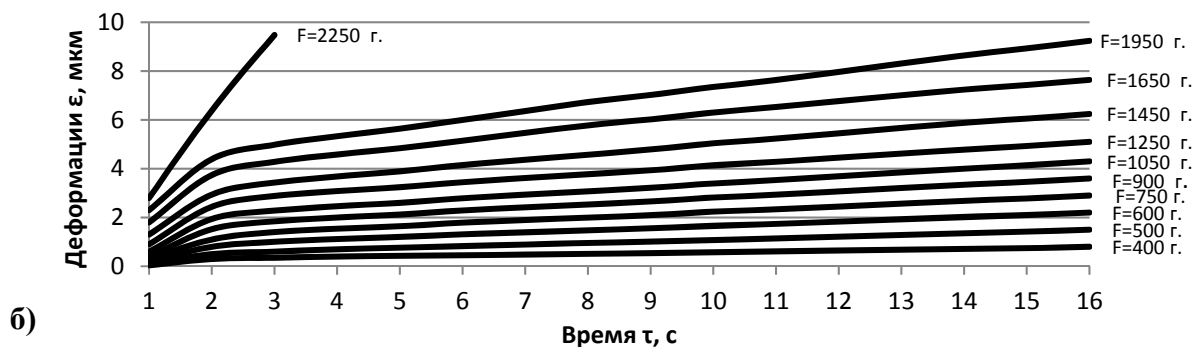
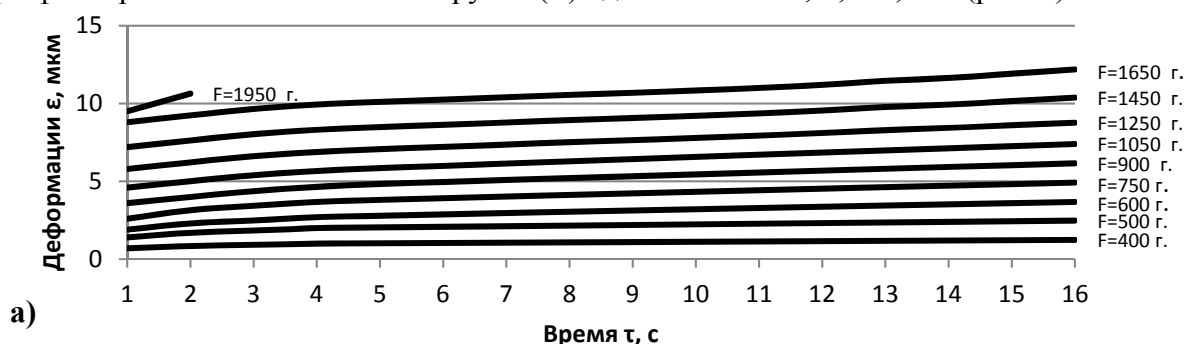
ЭКОНОМИКА

увеличились за счет интенсивного адсорбирования ПАВ на реакционноспособных участках, обусловленные измельчением, частиц. Как известно [4], измельченные порошки всегда являются более активными адсорбентами, чем крупные зерна. Т.е., данная КА обладает гидрофобно-пластифицирующим эффектом. Кроме того, введение ПАВ способствовало улучшению процессов распределения влаги в глинозольной смеси.

Коэффициент чувствительности K_v увеличивается у МА и КА суглинков, а с вводом золы уменьшается, что предопределяет возможность интенсификации процесса сушки образцов на основе КА массы.

С помощью прибора Д.М. Толстого в НАН КР, с параллельно смещающейся пластинкой и индикаторным отсчетом, определили величины деформаций по соответствующим кривым деформации от времени нагружения $\varepsilon = f(\tau)$ масс оптимальных составов: I, I', IV', IV''.

С помощью этих кривых графическим путем рассчитаны: быстрая упругая деформация ε_0 , медленная упругая деформация ε_2 и градиент скорости деформации $d\varepsilon/dt$ при фиксированных значениях нагрузки (P). для составов: I, I', IV', IV'' (рис. 2).



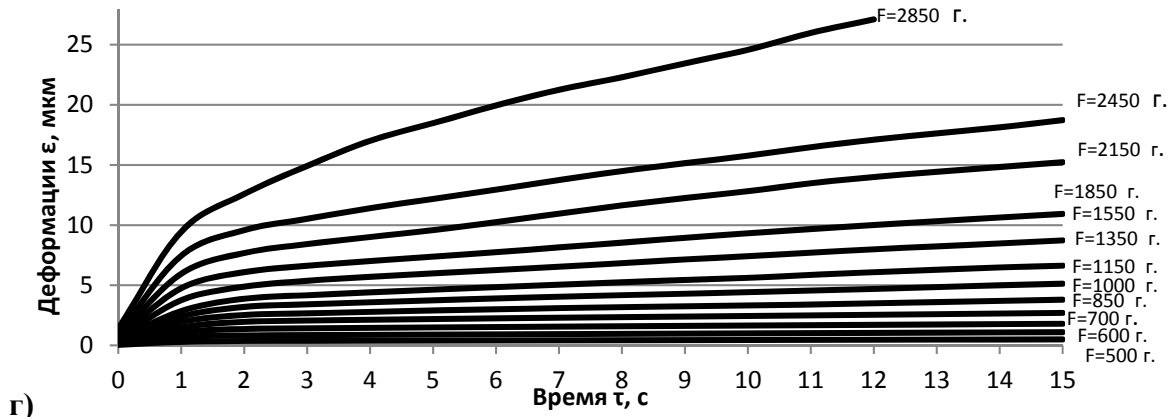


Рис. 2. Зависимости ε_0 ; $\varepsilon_2 \partial\varepsilon'/\partial\tau$ от напряжения сдвига керамической массы на основе составов: а) – I; б) – I'; в) – IV'; г) – IV''

Полученные экспериментальные данные показывают, что у керамических масс на основе МА суглинка (рис. 2, б) наблюдается понижение упругой и эластической деформаций и увеличение скорости деформаций, а также испытывают нагрузку 1850-1950 г и не разрушаются в сравнении с чистым суглинком (рис. 2, а). У МА и КА золокерамических масс происходит интенсивное развитие деформаций и разрушение при нагрузке 2850 г.

По полученным данным для всех нагрузок строили вспомогательные графики $\varepsilon_0 = f_1(P)$, $\varepsilon_2 = f_2(P)$ и $d\varepsilon_1/dt = f_3(P)$ для получения ряда структурно-механических констант (модуль упругости E_1 , модуль эластичности E_2 и наибольшей пластической вязкости η_1). Значение условного статистического предела текучести $P_{к1}$, необходимое для расчета наибольшей пластической вязкости, определяли из графика как отрезок, отсекаемый прямой на оси: 0,7; 3; 1,2 и 3,2 кПа соответственно для составов I, I', IV', IV'' (рис. 3, а-г).

При построении графиков и расчете структурно-механических констант имелось в виду, что они характеризуют только практически неразрушенные структуры, у которых процесс разрушения и восстановления при нагружениях находятся в равновесии. Только в этом случае возможно постоянство величин модулей быстрой и медленной эластических деформации E_1 и E_2 и η_1 . Поэтому на графиках $\varepsilon_0 = f_1(P)$, $\varepsilon_2 = f_2(P)$ и $d\varepsilon_1/dt = f_3(P)$ (рис. 3, а-г) определены области напряжений P , в которых константы E_1 и E_2 постоянны. [3]

Полученные независимые друг от друга структурно-механические константы: E_1 и E_2 , η_1 и $P_{к1}$, а также вычисленные на их основе деформации и реологические характеристики приведены в табл. 2.

Для определения структурно-механического типа (СМТ) исследуемых масс определяли соотношение различных видов деформаций образцов при сдвиге, представленные на треугольных диаграммах в координатах «упругая деформация (ε'_0) – эластическая деформация (ε'_2) – пластическая деформация ($\varepsilon'_{1\tau}$)» - рис. 4.

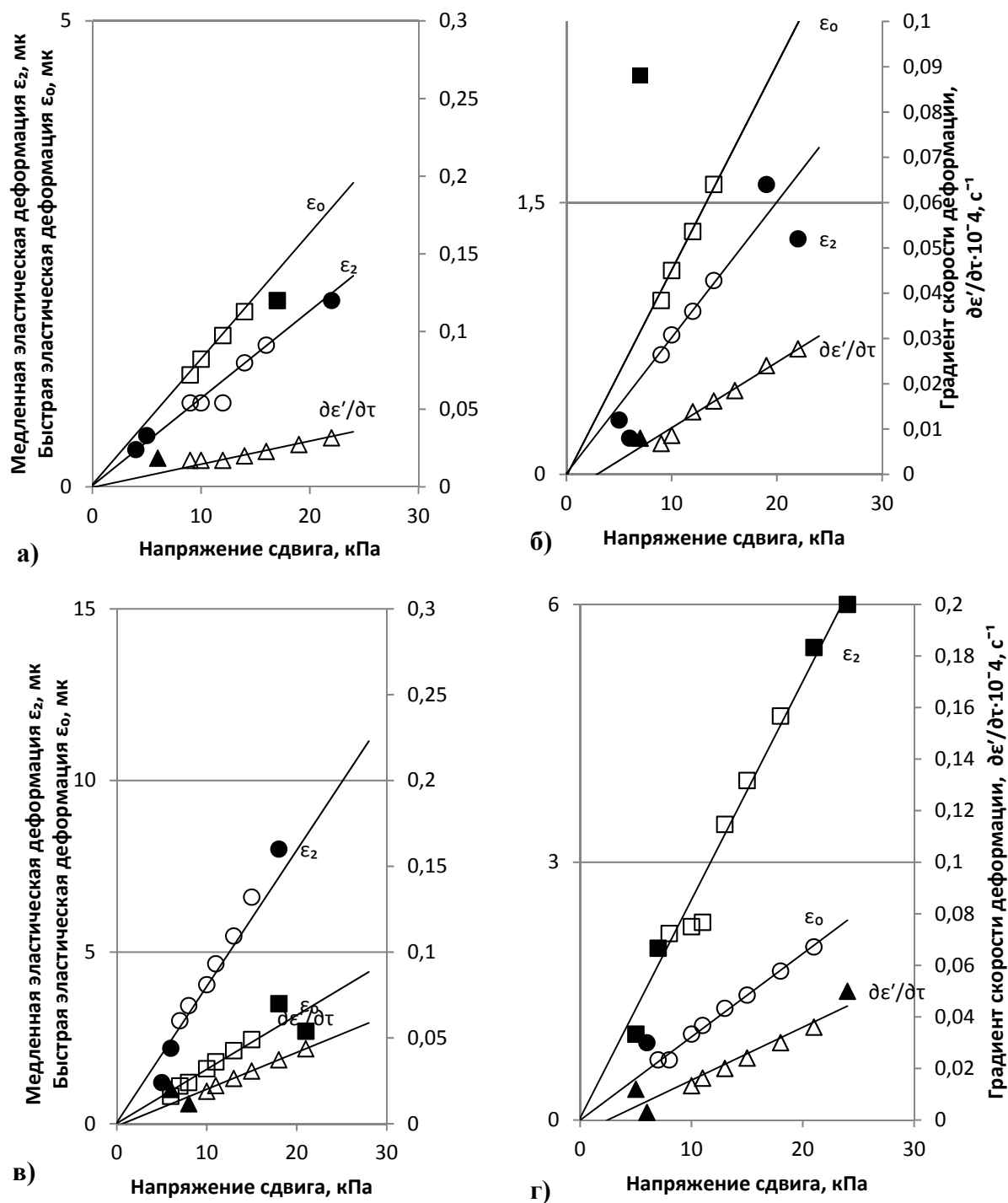


Рис. 3. Зависимости быстрой эластической (ϵ_0); медленной эластической (ϵ_2) и градиента скорости ($\partial\epsilon'/\partial\tau$) деформации от напряжения сдвига массы на основе составов: а) – I; б) – I'; в) – IV'; г) – IV''.

ЭКОНОМИКА

Таблица 2- Структурно-реологические константы и характеристики глинозольных масс

Структурно-механические константы и характеристики	I	I'	IV'	IV''
Формовочная влажность W_{ϕ} , %	24	25	24	20,6
Модуль быстрой эластической деформации E_1 , МПа	42,3	56,0	38	59
Модуль медленной эластической деформации E_2 , МПа	60	85	24,7	36,2
Вязкость $\eta_1 \times 10^8$, Па \times с	692	870	465	612
Условный предел текучести $P_k \times 10^4$, МПа	0,7	3	1,2	3,2
Эластичность λ	0,415	0,397	0,606	0,620
Пластичность $P_k/\eta_1 \times 10^7$, сек ⁻¹	0,101	0,345	0,258	0,522
Период истинной релаксации θ , сек	2790	2630	3100	1363
Быстрая эластическая деформация ε'_0 , %	44	42	29	30
Медленная эластическая деформация ε'_2 , %	31	30	45	43
Пластическая деформация ε'_T , %	25	28	26	27
Мощность условная, $N_e \times 10^{-5}$, эрг/сек	180	243	114	169
Структурно-механический тип	0	0	I	I

Из проведенных исследований видно, что в керамических массах на основе суглинка (табл. 2, состав I) преобладают упругие деформации, т.е. быстрые ε'_0 (44%), которые ведут к хрупкому разрушению изделий на этапе формования и относятся к 0 СМТ (рис. 4).

МА глинистого сырья (I') увеличивает E_1 и E_2 и P_k , что связано с увеличением дисперсности, обусловившей усиление взаимодействия между частицами. η_1 , условная мощность N_e увеличиваются, эластичность λ снижаются за счет увеличения модуля эластичности E_2 , а пластичность системы P_k/η_1 повышается из-за снижения коэффициента внутреннего трения с одновременным ростом сил сцепления между диспергированными частицами твердой фазы. Снижается время истинной релаксации θ , что влияет на сохранение сплошности [3]. Масса остается в 0 СМТ (рис. 4)

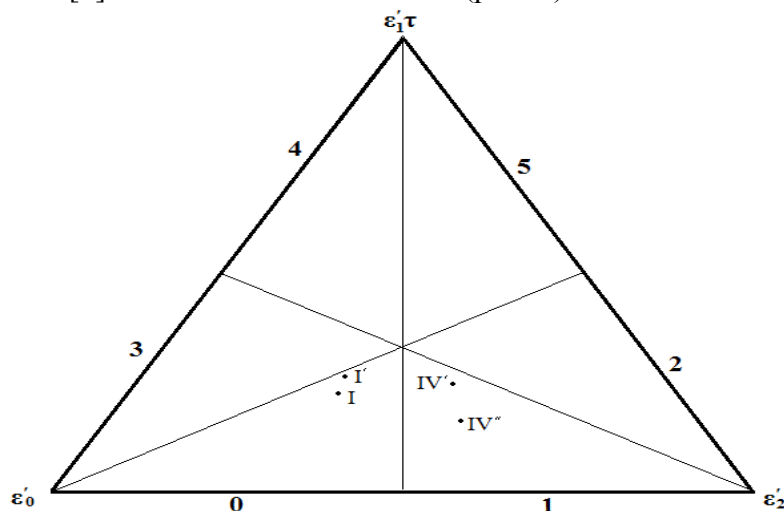


Рис. 4. Диаграмма развития деформаций керамических масс

В керамических массах на основе МА глинозольных смесей (IV') уменьшились E_1 и E_2 за счет перераспределения процентных соотношений в деформационном процессе. Это

связано с отошающим действием золы, усиливающим развитие медленных эластических деформаций, тем самым увеличив λ керамических масс.

Сопоставление коэффициентов чувствительности K_{λ} к сушке с константами и упруго-пластично-вязкими характеристиками указывает на то, что уменьшение K_{λ} характеризуется уменьшением E_2 , P_k , N_e и увеличением λ . Причем между K_{λ} и λ образовалась зависимость $K_{\lambda}(\lambda)$ (рис. 5), т.е. чем эластичнее масса, тем большие тепловые напряжения она способна воспринимать и компенсировать без нарушения сплошности [3] и тем менее она чувствительна к сушке.

Несмотря на переход в I СМТ, МА золокерамическая масса (IV') приобретает малую P_k/η_1 , θ , а также значительный разброс деформационных долей ухудшает свойства массы, но значительно увеличивается λ и уменьшается мощность на формование.

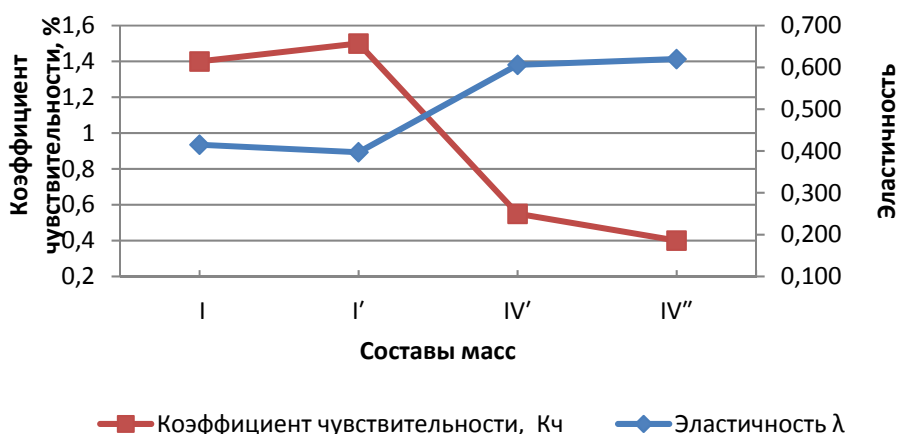


Рис. 5. Зависимость между коэффициентом чувствительности K_{λ} и эластичностью и λ

Керамические массы на основе КА глинозольного сырья (IV'') с 45% добавкой золы и ПАВ 0,1% остаются в I СМТ, но с улучшенными реологическими свойствами: более чем в 2 раза уменьшается θ и увеличиваются P_k/η_1 и λ . Масса этого состава относится к хорошо формирующимся и изделия на их основе проходят через мундштук за 5-7 сек.

Список использованной литературы

1. Мавлянов А.С., Сардарбекова Э.К. Влияние совместной механической активации на технологические свойства глинозольных масс. Известия ВУЗов Кыргызстана. Бишкек, 2017. №8. С. 10-13.
2. Мавлянов А.С., Сардарбекова Э.К. Спекание керамического материала на основе механоактивированного глинистого сырья. Вестник Таджикского национ. университета №1/4. Душанбе, 2017. С. 70-76.
3. Нечипоренко С. П. Физико-химическая механика дисперсных структур в технологии строительной керамики. –Киев.: Наукова думка, 1971. – 72 с.
4. Хигерович М.И. , Байер В.Е.. Гидрофобно-пластифицирующие добавки для цементов, растворов и бетонов. -М.: Стройиздат, 1979. –126 с.