

КЕРАМИКАЛЫК МАССАЛАРДЫН РЕОТЕХНОЛОГИЯЛЫК МҮНӨЗДӨМӨЛӨРҮНӨ КОМПЛЕКСТҮҮ АКТИВАЦИЯСЫНЫН ТААСИРИН ИЗИЛДӨӨ

*А.С. Мавлянов,
КР УИАнын корр.-мүчөсү, техн. илим. доктору, профессор
БФЭА/АДАМ президенти*

*Э.К. Сардарбекова,
техн. илим. канд.
Эл аралык инновациялык
технологиялар университети
Elmira2507@mail.ru*

Бул иште суглинок менен күлдүн, механикалык жана комплекстик активдештирилген суглинок менен күлдүн негизиндеги керамикалык массалардын реотехнологиялык мүнөздөмөлөрү изилденген. Суглинок менен күлдүн биргелешкен механикалык активдешүүсү борбордук айланма соккудагы тегирмен принциби боюнча иштеген активатор-аралаштыргычта өткөрүлдү. Комплекстик активдешүү суглинок менен күлдүн биргелешкен механикалык активдешүүсүн жана андан кийин 0,1% ПО-ПБ-7 – ийкемдетүүчү кошулмасы менен иштетүүнү камтыйт.

Механикалык жана комплекстик активдештирилген суглинок менен 0 дон 75% ке чейин күлдүн кошумчасынын негизиндеги массалардын пластикалык бекемдигин белгилөөдө массалардын оптималдуу курамдары аныкталды. Комплекстик активдештирилген керамикалык массалардын пластикалык бекемдиги көбөйгөнү аныкталды. Суглиноктордун сезгичтик коэффициенти механикалык активдешүүдө жогорулайт, ал эми комплекстик активдештирилген ген чопо-күлдүк массанын негизинде үлгүлөрдү кургатуу процессинин интенсификация мүмкүнчүлүгүн аныктоо күлдү киргизүүдө азаят.

Комплекстик активдештирилген чопо-күлдүк сырьенун негизиндеги массалар жакшыртылган реологиялык касиеттери менен I структура-механикалык типке өтөөрү аныкталды.

***Негизги сөздөр:** суглинок, күл, чопо-күлдүк аралашма, комплекстик активациялоо, технологиялык, реологиялык касиеттери, деформация; ийкемдүүлүк, серпилгичтүүлүк.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ АКТИВАЦИИ НА РЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЕРАМИЧЕСКИХ МАСС

*А.С. Мавлянов,
член-корр. НАН КР, докт. техн. наук, профессор,
президент Бишкекской Финансовой Академии/АДАМ
Э.К. Сардарбекова,*

*канд.техн.наук,
Международный университет
инновационных технологий
Elmira2507@mail.ru*

В работе исследуются реотехнологические характеристики керамических масс на основе суглинка с золой, механо- и комплексно активированного суглинка с золой. Совместную механическую активацию суглинка с золой проводили в смесителе-активаторе, работающему по принципу центробежно-ударной мельницы. Комплексная активация включает совместную механическую активацию суглинка с золой с последующей обработкой пластифицирующей добавкой – ПО-ПБ-7 в количестве 0,1%.

При определении пластической прочности масс на основе механо-, комплексно активированного и неактивированного (исходного) суглинка с золой (в количестве от 0 до 75%) выявлены оптимальные составы масс. При этом выявлено, что пластическая прочность комплексно активированных керамических масс увеличивается. Коэффициент чувствительности увеличивается у механо- и комплексно активированных суглинков, а с вводом золы уменьшается, что предопределяет возможность интенсификации процесса сушки образцов на основе комплексно активированной зологлиняной массы.

Установлено, что массы на основе комплексно активированного глинозольного сырья переходят в I структурно-механический тип с улучшенными реологическими свойствами.

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

INVESTIGATION OF INFLUENCE OF COMPLEX ACTIVATION ON RHEOTECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF CERAMIC MASSES

*Mavlyanov A. S.,
correspondent member NAS KR, Doctor of Engineering, Professor,
President of the Bishkek Financial Academy / ADAM
Sardarbekova E.K.
candidate of engineering sciences
International University of Innovation technologies
Elmira2507@mail.ru*

In the work, rheological characteristics of ceramic masses based on loam with ash, mechanical- and complex activated loam with ash are investigated. Joint mechanical activation of loam with ash was carried out in a mixer-activator,

operating on the principle of a centrifugal impact mill. Complex activation includes joint mechanical activation of loam with ash, followed by treatment with surface active additive - PO-PB-7 in an amount of 0.1%.

When determining the plastic strength of the masses on the basis of mechanical-, complexly activated and non-activated (original) loam with ash (in an amount of from 0 to 75%), optimal compositions of the masses were found. It was found that the plastic strength of the complex activated ceramic masses increases. The coefficient of sensitivity increases in mechanical- and complexly activated loams, and decreases with the introduction of ash, which predetermines the possibility of intensifying the drying process of samples based on complexly activated clay-ash mass.

It has been established that the masses on the basis of complexly activated clay-ash raw turn into structural-mechanical type I with improved rheological properties.

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

УДК 666.3.022.4

В технологическом процессе подготовки и переработки формовочной массы большое значение приобретают вопросы образования коагуляционных структур, представляющих собой коллоидные системы с жидкой средой. Коллоидная система обладает определенными механическими свойствами, характеризующимися следующими не зависящими друг от друга структурно-механическими константами: модулем быстрой (упругой) эластической деформации, модулем медленной эластической деформации, условным статистическим пределом текучести, наибольшей пластической вязкостью. Упруго-пластично-вязкие свойства коагуляционной структуры определяются также показателями – эластичностью, пластичностью, периодом истинной релаксации. Эти свойства связаны со структурой подобных систем, поэтому их называют структурно-механическими или реологическими свойствами.

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	0,01-0,005 мм	0,005-0,001 мм	менее 0,001 мм
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 неактивированного (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. 3.

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 оптимальной влажности W_{opt} 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.

Технологические характеристики составов

Состав	Шифры	Добавка золы, %	Форм. влажн. W_{ϕ} , %	Пласт. прочн. P_m , МПа	$ctg\beta$	Коэфф. чувств. K_c
Исход- ные	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

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].

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 дезагрегирующую (пептизирующую) роль, увеличивающая степень гидратации частиц.

В МА составах (рис. 1, б) уменьшение P_m и увеличение W_{ϕ} 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. 3).

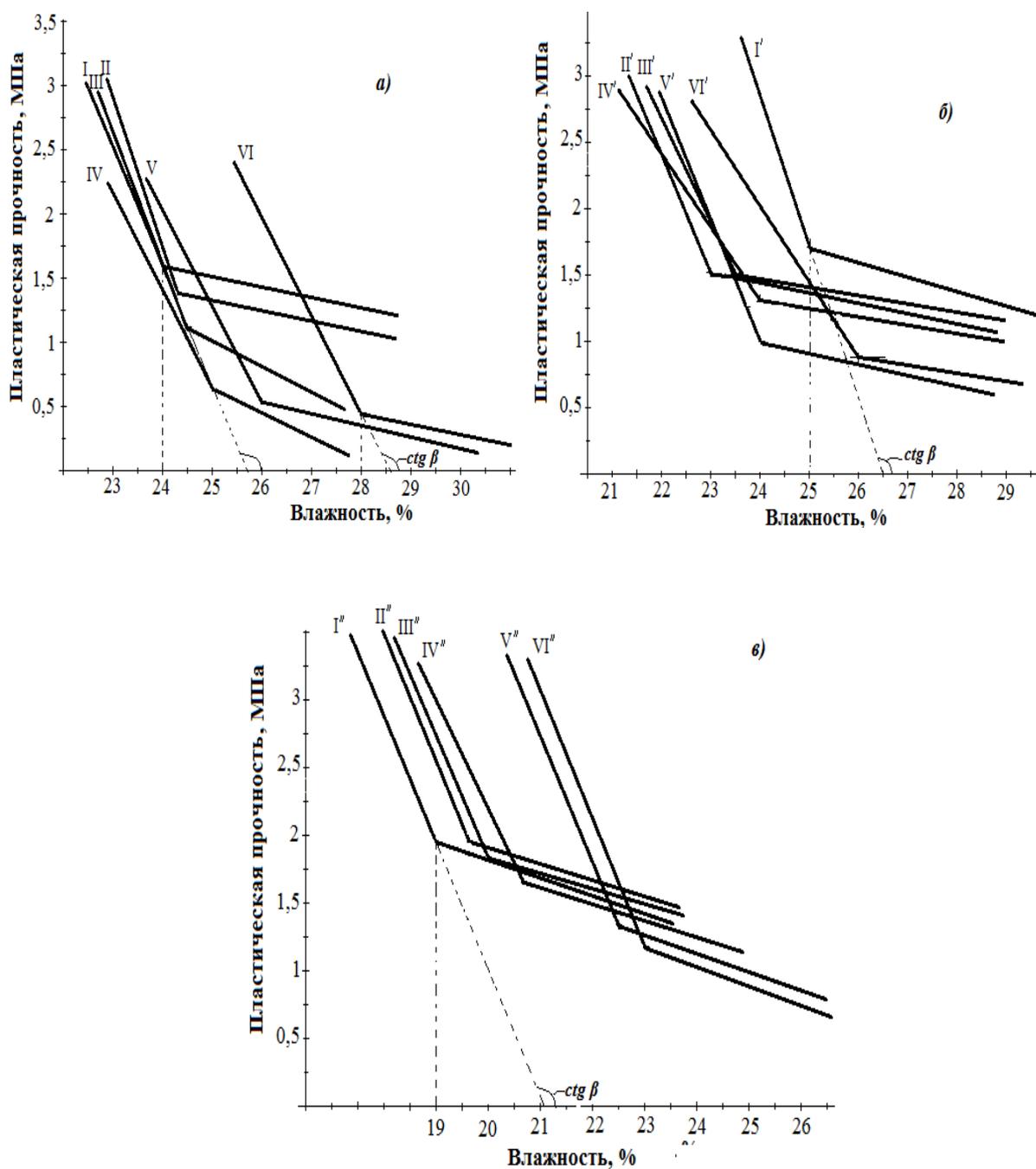


Рис. 1. Влияние формовочной влажности на пластическую прочность: *а* – исходных, *б* – МА, *в* – КА золотлиняных масс

В КА составах (рис. 1, в, табл. 3) 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). Пластическая прочность 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 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 зологлиняной 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 методом получили ряд независимых структурно-механических констант: модули быстрой и медленной эластических деформации E_1 и E_2 , наибольшую пластическую вязкость η_1 и условный статистический предел текучести P_k , а также вычисленные на их основе деформации и реологические характеристики (табл. 4).

Таблица 4

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 $E_1 \cdot 10^{-5}$, МПа	42,3	56,0	38	59
Модуль медленной эластической деформации $E_2 \cdot 10^{-5}$, МПа	60	85	24,7	36,2
Вязкость $\eta_1 \times 10^{-7}$, Па \times с	692	870	465	612
Условный предел текучести $P_k \times 10^{-3}$, МПа	0,7	3	1,2	3,2
Эластичность λ	0,415	0,397	0,606	0,620
Пластичность $P_k / \eta_1 \times 10^{-6}$, 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 $\varepsilon'_{1\tau}$, %	25	28	26	27
Мощность условная, $N_\varepsilon \times 10^{-4}$, мкВТ	180	243	114	169
Структурно-механический тип	0	0	I	I

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 ($\varepsilon'_{1\tau}$)» [3] - рис. 2.

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. 2).

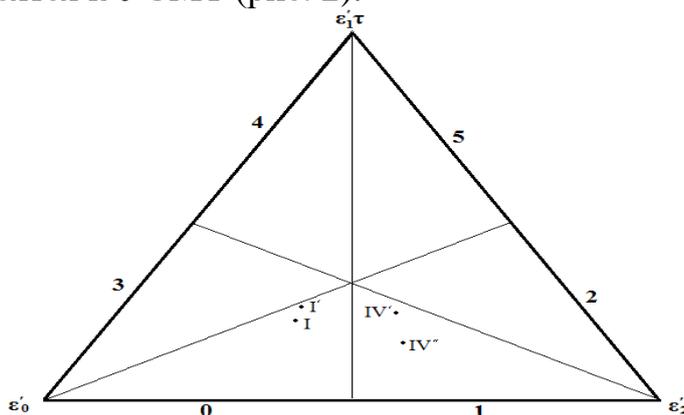


Рис. 2. Диаграмма развития деформаций керамических масс

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_ε 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. 2)

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_ε к сушке с константами и упруго-пластично-вязкими характеристиками указывает на то, что уменьшение K_ε характеризуется уменьшением E_2 , P_k , N_ε и увеличением λ . Причем между K_ε и λ образовалась зависимость $K_\varepsilon(\lambda)$ (рис. 3), 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.

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 формующимся и изделия на их основе проходят через мундштук за 5-7 сек.

Таким образом, комплексная активация благотворно влияет на реологические свойства глинозольной массы, способствуя образованию более совершенного структурного каркаса. Изделия на основе масс из КА суглинка

и 45% золы с последующей обработкой пластификатором обладают хорошими формовочными и сушильными свойствами.

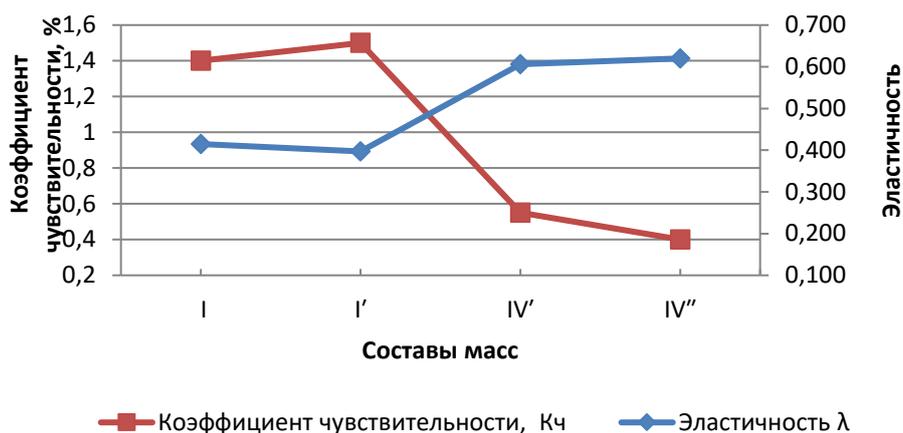


Рис. 3. Зависимость между коэффициентом чувствительности $K_{\text{ч}}$ и эластичностью и λ

Список 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. Влияние механической активации глинистого сырья на гранулометрический состав и технологические свойства керамического материала. Вестник Таджикского национ. университета №1/4. Душанбе, 2017. С. 127-133.
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.