

## Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344  
ISI (Dubai, UAE) = 0.829  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
ПИИИ (Russia) = 0.179  
ESJI (KZ) = 1.042  
SJIF (Morocco) = 2.031

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

## International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2015 Issue: 12 Volume: 32

Published: 30.12.2015 <http://T-Science.org>

### Aimahambet Abutalipovich Sagyndykov

Doctor of technical sciences,  
Professor of the department «Building materials and  
constructions»  
M.Kh. Dulaty Taraz State University, Kazakhstan

### Zhanna Bazartayevna Alimbayeva

Senior lecturer of the department «Architecture and  
construction production»  
M.Kh. Dulaty Taraz State University, Kazakhstan

### Akpan Turabaevich Kyrgyzbaev

Candidate of technical sciences,  
associate professor of the Department of «Building  
materials and constructions»  
M.Kh. Dulaty Taraz State University, Kazakhstan

### Bauyrzhan Zharkynbekovich Manapbayev

Candidate of technical sciences,  
associate professor of the Department of «Oil and gas  
engineering»  
M.Kh. Dulaty Taraz State University, Kazakhstan  
[jiboj@mail.ru](mailto:jiboj@mail.ru)

## SECTION 8. Architecture and construction.

## STUDY OF STRENGTH CHARACTERISTICS OF HIGHLY POROUS CERAMICS

**Abstract:** The article presents the results of selection of optimum extinguishing efficiency of the formulations based on highly porous ceramics of an optimum loam, ash and cullet. Gazkeramik installed mineral composition using x-ray phase analysis.

**Key words:** ceramics, strength, mathematical modelling.

**Language:** Russian

**Citation:** Sagyndykov AA, Alimbayeva ZB, Kyrgyzbaev AT, Manapbayev BZ (2015) STUDY OF STRENGTH CHARACTERISTICS OF HIGHLY POROUS CERAMICS. ISJ Theoretical & Applied Science 12 (32): 118-121.

**Soi:** <http://s-o-i.org/1.1/TAS-12-32-23> **Doi:**  <http://dx.doi.org/10.15863/TAS.2015.12.32.23>

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОПОРИСТОЙ КЕРАМИКИ

**Аннотация:** В статье приведены результаты подбора оптимальных составов высокопористой керамики на основе суглинка, стеклобоя и золы. С помощью рентгенофазового анализа установлен минеральный состав газокерамики.

**Ключевые слова:** керамика, прочность, математическое моделирование.

В настоящее время наиболее широкое распространение в строительстве получили керамические пористые материалы. Этот материал является, прежде всего, конструктивно-теплоизоляционным прочностью до 2-3 МПа, и целесообразно повысить его прочность до 5-7 МПа [1-3]. Повышения прочности материала требует дальнейших физико-химических исследований по изучению влияния основных факторов на его прочностные свойства.

Как показали исследования структурообразования, физико-механических и технологических свойств высокопористой керамики на основе суглинка и золы они

характеризуются относительно высокой температурой обжига порядка 1000-1050<sup>0</sup>С. Для снижения температуры обжига была использована добавка стеклобоя.

С целью определения оптимального состава газокерамики нами использованы методы математического моделирования и оптимизации.

Решение данной задачи было получено с использованных специально разработанных программ для персонального компьютера (система Mathcad-14 [2-5] и выполнено в два этапа:

1. получение адекватных исследуемому объекту математических модели, описывающей

## Impact Factor:

<b>ISRA (India) = 1.344</b>	<b>SIS (USA) = 0.912</b>	<b>ICV (Poland) = 6.630</b>
<b>ISI (Dubai, UAE) = 0.829</b>	<b>РИИЦ (Russia) = 0.179</b>	<b>PIF (India) = 1.940</b>
<b>GIF (Australia) = 0.564</b>	<b>ESJI (KZ) = 1.042</b>	
<b>JIF = 1.500</b>	<b>SJIF (Morocco) = 2.031</b>	

влияние состава исходной смеси на выбранные целевые показатели качества получаемого изделия;

2. поиск оптимального состава исходных смесей с использованием полученных математических моделей.

В качестве входных переменных (факторов) использованы следующие параметры состава исходной смеси:

$X_1$  – суглинок (СГ);

$X_2$  – стеклобой(СБ);

$X_3$  – зола (ЗЛ);

На основе предварительного анализа объекта исследования выбраны следующие диапазоны изменения факторов (входов  $X$ ) (см. табл.1).

Таблица 1

Диапазоны изменения режимных параметров (входов).

Факторы	$X_1$	$X_2$	$X_3$
Нижний уровень (-1)	50	3	20
Верхний уровень(+1)	70	7	30
Нулевой уровень (0) (середина плана)	60	5	25
Интервал варьирования ( $\Delta X$ )	10	2	5
Плечо $-\alpha$ ( $\alpha = 1,682$ ) (дополнительные точки)	43,18	1,636	16,59
Плечо $+\alpha$ (дополнительные точки)	76,82	8,364	33,41

Для математической обработки результатов проведенных экспериментов для поиска оптимального состава исходной смеси нами использован метод нелинейного программирования на основе т.н. квази-ньютонского алгоритма [4-8], реализованного в системе Mathcad-14 (результаты приведены в табл. 2).

План, результаты проведенных эксперимента и имитационного моделирования,

полученные значения коэффициентов математической модели в безразмерном (кодированном) и натуральном масштабах, ошибки аппроксимации, а также значения критерия адекватности R-квадрат сведены нами в табл.2. Там же приведены найденные оптимальные составы исходной смеси, обеспечивающие максимальную и минимальную прочность изделия.

Таблица 2

План и результаты проведенных экспериментов для выхода  $Y=Y_1$  (прочность изделия).

№ опыта	Входные переменные			Выход		Погрешность (ошибка)		Коэффициенты математической модели в натуральном масштабе	
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$Y_{\text{эксп.}}$	$Y_{\text{расч.}}$	абсолютная	относительная %	№	Значение
1	50,00	3,00	20,00	7,100	7,0871	0,0129	0,1819	В1	37,8057
2	70,00	3,00	20,00	7,400	7,2142	0,1858	2,5106	В2	-0,1810
3	50,00	7,00	20,00	3,800	3,8366	-0,0366	-0,9632	В3	-2,7471
4	70,00	7,00	20,00	3,600	3,7137	-0,1137	-3,1593	В4	-1,5368
5	50,00	3,00	30,00	6,100	5,8684	0,2316	3,7974	В5	0,0014
6	70,00	3,00	30,00	6,400	6,2455	0,1545	2,4142	В6	0,1816
7	50,00	7,00	30,00	3,100	3,1679	-0,0679	-2,1894	В7	0,0262
8	70,00	7,00	30,00	3,400	3,2950	0,1050	3,0881	В8	-0,0031
9	43,18	5,00	25,00	3,800	3,8264	-0,0264	-0,6957	В9	0,0012
10	76,82	5,00	25,00	3,900	4,0403	-0,1403	-3,5967	В10	0,0137
11	60,00	1,64	25,00	7,900	8,1909	-0,2909	-3,6818		
12	60,00	8,36	25,00	3,100	2,9758	0,1242	4,0050		
13	60,00	5,00	16,59	6,100	6,0719	0,0281	0,4606	Коэффициенты математической модели в безразмерном масштабе	
14	60,00	5,00	33,41	4,500	4,6948	-0,1948	-4,3289		
15	60,00	5,00	25,00	3,520	3,5286	-0,0086	-0,2439		
16	60,00	5,00	25,00	3,540	3,5286	0,0114	0,3224	№	Значение
17	60,00	5,00	25,00	3,490	3,5286	-0,0386	-1,1056	В1	3,5172

## Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.179	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

18	60,00	5,00	25,00	3,550	3,5286	0,0214	0,6032	B2	0,0389
19	60,00	5,00	25,00	3,500	3,5286	-0,0286	-0,8167	B3	-1,5133
20	60,00	5,00	25,00	3,600	3,5286	0,0714	1,9837	B4	-0,5941
Суммарная ошибка =						-1,680E-10	-1,4141	B5	0,1823
Среднее значение ошибки =						-8,402E-12	<b>-0,0707</b>	B6	0,7478
Значение критерия R квадрат =						<b>0,9936</b>		B7	0,4651
Найденный режим с минимальным значением Y									
	X1мин	X2мин	X3мин	Yмин					
	59,617	3,09249	26,022	2,67					
Найденный режим с максимальным значением Y									
	X1макс	X2макс	X3макс	Yмакс					
	43,18	6,636	16,59	11,42					

Проверка значимости по критерию Стьюдента [4] показала, что все 10 найденных коэффициентов математической модели (1) значимы.

Проверка по критерию Фишера [4], показало, что уравнение (1) адекватно описывает результаты эксперимента (расчетное значение критерия Фишера равно 3,0, что меньше критического равно 5,1).

На рисунке 1 приведены графики зависимости изменения ошибки аппроксимации для каждого опыта, видно, что ошибка небольшая, в таблице 2 приведены численные значения ошибок.

Получено значение  $R^2 = 0,9936$ , т.е. его значение достаточно близко к 1, что дополнительно подтверждает адекватность полученной математической модели (1).

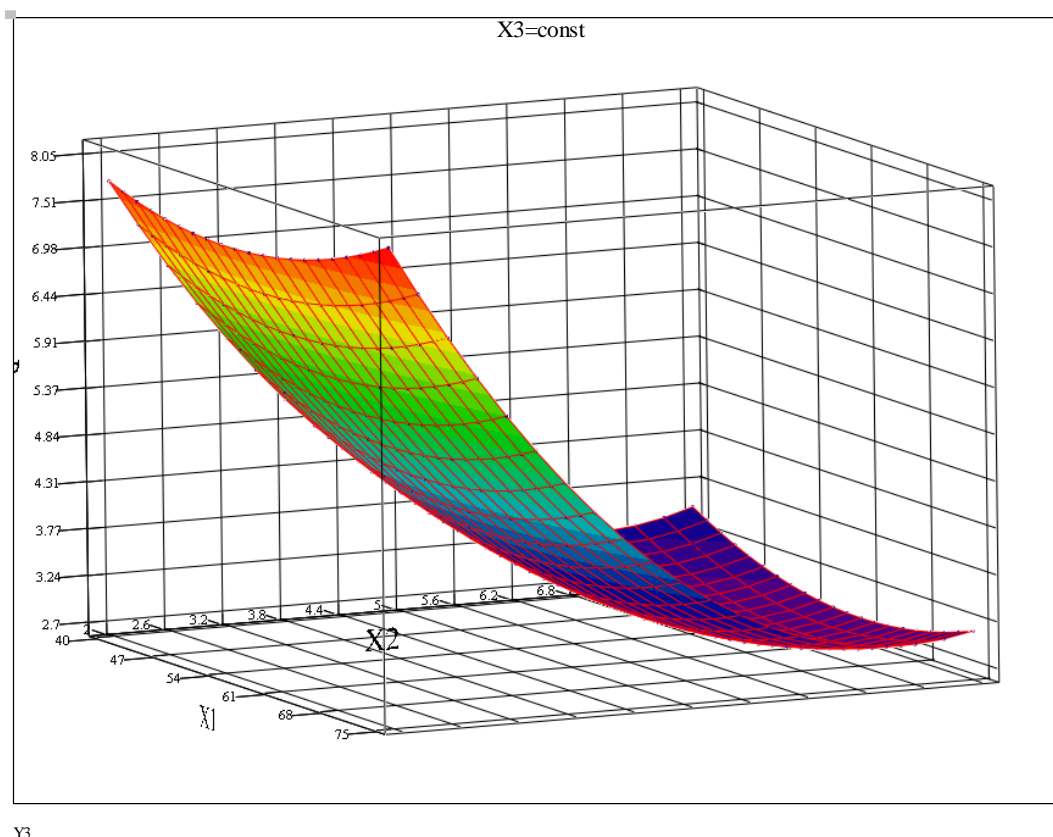


Рисунок 1. Трехмерный график функции Y при фиксированном значении X<sub>3</sub> со значением в середине плана (X<sub>3</sub> = 25).

Полученная адекватная математическая модель позволяет осуществить поиск оптимальных режимных параметров процесса,

обеспечивающих минимальную прочность изделия при поиске оптимума в диапазоне ограничений поиска оптимума от  $-\alpha$  до  $+\alpha$ :

## Impact Factor:

ISRA (India) = 1.344	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	РИИЦ (Russia) = 0.179	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 1.042	
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 2.031	

X <sub>1</sub> макс	X <sub>2</sub> макс	X <sub>3</sub> макс	Yмакс
43,18	6,636	16,59	11,42

и при поиске оптимума в диапазоне ограничений поиска оптимума от -1 до +1:

X <sub>1</sub> макс	X <sub>2</sub> макс	X <sub>3</sub> макс	Yмакс
50	5	20	7,09

Проведя имитационное моделирование с использованием уравнения (1) и найденных параметров модели нами получены графики зависимостей прочность изделия от значений режимных параметров, показанные на рис.1. Наиболее значимыми факторами повышающие прочность являются содержание суглинка и стеклобоя. С увеличением количества золы в композиций водопоглощение обожженных образцов увеличивается. Тем не менее, можно

выделить предельные дозировки зол в композиции, при которых обеспечивается получение образцов с высоким эксплуатационными свойствами. Из графика изменения видно, что этот предел равен 15-20%. Наименьшей прочностью 3-4 МПа имеют составы содержащие, мас. суглинок 85-90, зола-25-30, стеклобой-5, а наибольшей составы 7-11 МПа содержащие суглинок 75-80, зола -15-20, стеклобой 5-7. Оптимальный состав высокопористой керамики: суглинок 75-80; стеклобой 5-7; зола 15-20. Физико-механические свойства: прочность при сжатии 6-7,8 МПа; плотность: 650-750 кг/м; водопоглощение 25-30%; теплопроводность 0,1-0,2 Вт/мС. Согласно рентгенофазовому анализу регистрируются кристаллические фазы кварца, анортита, волластонита способствующие повышению прочности.

## References:

1. Ezerskiy VA, Korovyakov VF, Krolevetskiy DV (2006) Tekhnologiya penokeramicheskikh stenovykh i teploizolyatsionnykh izdeliy // Krovel'nye i izolyatsionnye materialy. - 2006, № 1. - pp. 68-69.
2. Anderson MA (1984) Nek Low- cost PFA brickmaking procese // Ach Techn' 84:2 - nd Int. Conf. Ach TechnoL and Market. London. Sept. 16-21.-1984.- pp. 563-567.
3. Salmang K (1998) Die physikalischen und chemischen Grundlagen der Keramik / H. Salmang, H. Schoize. - Berlin: Springer - Verl., 1998. - 450 p.
4. Akhnazarova SL, Kafarov VV (1985) Metody optimizatsii eksperimenta v khimicheskoy tekhnologii: Uchebnoe posobie dlya vuzov. - 2-e izdanie, pererab. i dopolnennoe. -Moscow: Vysshaya shkola, 1985. -327 p.
5. Abraham B, Ledolter J (1983) Statistical methods for forecasting. New York: Wiley.
6. Ochkov V (2007) Mathcad 14 dlya studentov, inzhenerov i konstruktorov. - SPb.: BHV-Peterburg, 2007.
7. Khimmel'blau D (1985) Prikladnoe nelineynoe programmirovaniye -Moscow: Mir, 1985. -554 p.
8. Chernorutskiy IG (2004) Metody optimizatsii v teorii upravleniya. Uchebnoe posobie / I. G. Chernorutskiy. - SPb.: Piter, 2004. - 256 p.