

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН



ҚазҰТЗУ ХАБАРШЫСЫ _____

_____ **ВЕСТНИК КазННТУ**

VESTNIK KazNRTU _____

№ 4 (140)

Главный редактор
И. К. Бейсембетов – ректор

Зам. главного редактора
А.Х. Сыздыков – проректор по науке

Отв. секретарь
Н.Ф. Федосенко

Редакционная коллегия:

З.С. Абишева- акад. НАН РК, Л.Б. Атымтаева, Ж.Ж. Байгунчечков- акад. НАН РК, А.Б. Байбатша, А.О. Байконурова, В.И. Волчихин (Россия), К. Дребенштед (Германия), Г.Ж. Жолтаев, Г.Ж. Елигбаева, Р.М. Исаков, С.Е. Кудайбергенов, Б.У. Куспангалиев, С.Е. Кумекон, В.А. Луганов, С.С. Набойченко – член-корр. РАН, И.Г. Милев (Германия), С. Пежовник (Словения), Б.Р. Ракишев – акад. НАН РК, М.Б. Панфилов (Франция), Н.Т. Сайлаубекон, А.Р. Сейткулов, Фатхи Хабаши (Канада), Бражендра Мишра (США), Корби Андерсон (США), В.А. Гольцев (Россия), В. Ю. Коровин (Украина), М.Г. Мустафин (Россия), Фан Хуаан (Швеция), Х.П. Цинке (Германия), Е.М. Шайхутдинов-акад. НАН РК, Т.А. Чепуштанова

Учредитель:

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Регистрация:

Министерство культуры, информации и общественного согласия
Республики Казахстан № 951 – Ж “25” 11. 1999 г.

Основан в августе 1994 г. Выходит 6 раз в год

Адрес редакции:

г. Алматы, ул. Сатпаева, 22,
каб. 609, тел. 292-63-46
Nina. Fedorovna. 52 @ mail.ru

A. Dyuryagina, A. Lutsenko, V. Tuykanko

(M. Kozybaev North Kazakhstan State University, Petropavlovsk, Kazakhstan.

E-mail: l-a.13@mail.ru)

OPTIMIZATION OF PIGMENT AND FILLER DISAGGREGATION PROCESSES USING PROBABILISTIC-DETERMINISTIC MODELING TECHNIQUES

Abstract. Based on the use of the principles of probability-deterministic modeling, a multifactorial model of the process of dispersing inorganic pigment in pentaphtal paint compositions has been created. The main factors influencing the disaggregation rates of solid phase particles were the quantitative content in solvent suspensions, surface-active substance, relative content of titanium dioxide. After the approximation of private dependencies, one-parametric equations characterize the effect on the function of the response of each factor separately. The total number of solid phase (N) particles per fixed area ($S=0.38 \text{ mm}^2$) was accepted for the response function. To build a generalized model used a multifactorial equation of nonlinear multiple correlation. The adequacy of the resulting model (for the 95th level of significance) was assessed on the basis of correlation (R) and significance (t_R). The calculations showed a comprehension convergence of experimental and calculated values of the $R=0.94$, $t_R>2$ response function. Based on the solution of the generalized equation, the optimal costs of surface-active substance, solvent and pigment in suspension were determined. Based on the results of the balance sheet experiments performed with the above composition, a satisfactory convergence of the promoted and practical values of N has been established; the average quadratic deviation doesn't exceed 1.2%.

Keywords: dispersion, pigment, surfactants, disaggregation, suspension, average diameter, fraction, modification.

1. Introduction.

An important technological characteristic of paintwork materials, which determine the coverage and protective properties of their coatings, is the degree of disaggregation of pigments and fillers. In freshly prepared suspensions of paintwork materials the development of aggregation and disaggregation processes depends both on the surface properties of the solid-phase components themselves and on the qualitative and quantitative composition of cover-formers, solvents and surfactants. To optimize the composition of coatings, it is necessary to know how the set of all these components will affect the dispersion processes.

The purpose of our research was to create a multifactorial mathematical model of the disaggregation process of solid phase particles, to optimize the content of paint composition. The objects of study were: titanium dioxide (R-02), calcite filler (M-20) in the coating system on the basis of the varnish pentaphthalic film-forming, white spirit, surface-active substance (surfactant) AS (an amine derivative with the number of carbon atoms in the chain 6-8, TU 655-RK 056006434-002-2000).

An essential factor affecting the effectiveness of protective and decorative properties of paint-and-lacquer coating is the degree of dispersion of the pigments and fillers entering into their compositions. Modern possibilities of dispersing equipment provide the required characteristics, however, at the stage of preparation and storage, due to the thermodynamic instability of highly disperse paint-and-lacquer coating, the processes of aggregation (flocculation) are developed, which degrades the quality of the coatings. Modification of paint and varnish compositions due to use of surface acting agents with inhibitory activity in their formulations, as well as the ability to form permanent (cohesive, adhesive), decorative, insulating films based on their selective adsorption, seems to be a promising improvement of the coating performance characteristics. The mechanism of their physicochemical effects on the interface and the dispersed medium as a whole depends on the nature of the surface acting agents and the contacting phases, as well as their quantitative relationships.

The solid ingredient combining process, which includes a pigment with a liquid polymer medium, is very important in the paint coating manufacture since the product technological and paint properties depend on it, as well as many coating performance properties. The main thing in this process is the pigment interaction with the polymer at the interface between the solid and liquid phases, since its intensity determines the solid particle dispersion in the given medium and the nature of the resulting combined "solid phase-polymer" structures that form the subsequent properties specific for real materials. This was established in Academician P.A.Rebinder's publications addressing the structure formation and physicochemical mechanics of dispersed systems [1-2] and was further developed by his school staff, A.B.Taubman and S.N.Tolstaya, who studied pigments interacting with polymers at the phase interface for a wide range of model and real objects. An important technological characteristic exhibited by paint coating materials, which determine the coating structural and mechanical properties (coverage, hardness, strength), is the disaggregation degree specific for pigments and fillers [3].

The SAS effect is based on forming the surface pigment and filler of the adsorption layer, whose properties, in turn, are determined due to the forming its inner and outer parts. The inner adsorption layer part is formed resulting from the polar SAS group interaction with active surface centers, which promotes peptizing the aggregated pigment and filler particles and the formation of coagulation structure elements. The adsorption layer outer part is formed when hydrocarbon SAS molecule radicals are oriented to the polymer medium, increasing the liqophilicity of the pigment particle surface that is combined with it [2].

Polar hydrophilic pigments introduction into non-polar hydrocarbon media, provides for using modifiers with long hydrocarbon chains (hydrophobisators), for example saturated carboxylic acids, amines or their salts, as well as quaternary ammonium salts and other compounds. When it comes to polar dispersion media, SAS whose molecules contain polar groups in the hydrocarbon radical that are lyophilic with respect to the polymer dispersion medium (i.e., various bifunctional compounds) are used as pigment surface modifiers [4-5]. This is applicable to all paint coating material types containing polymer solutions as a binder in organic solvents (or in water for water-soluble polymers), water-dispersed binders. Developed and used in recent years polymeric SAS can be even more effective than their low molecular weight analogues due to their high affinity for the polymer medium.

However, the SAS action in paint coating systems is subject to certain physicochemical laws that must be observed for their effective application. An important role in this is played by the polar SAS group nature and the hydrocarbon radical structure specific for their molecules, as well as the polymer chemical nature and the presence of polar functional groups in its molecules. In the paint coating material suspensions, the development of aggregation and disaggregation processes depends both on the surface properties shown by the solid-phase particles and on the quantitative-qualitative composition of the film-forming agents, solvents and surface-active additives.

An urgent task is to improve the quality of paint and varnish compositions based on aqueous film-forming dispersions in order to obtain coatings with a wider range of properties for various fields of use. One of the most effective and technically simple ways to improve the properties of paint and varnish compositions is the use of surface-active substances (surfactants), fine regulators of boundary interactions and the properties of finished materials.

In recent years, polymer surfactants have been developed and are used, which, due to their high affinity for the polymer medium, can be even more effective than their low molecular weight analogues.

Thus, the dispersibility of pigments is a total indicator characterizing the completeness, speed and energy consumption for the disaggregation of particles in a dispersion medium with their subsequent stabilization (aggregative stability). For a separate paint composition, the contribution of these processes to the resulting dispersion effect depends on the composition and structure of the film-forming agents, pigments, and modifying additives. The introduction of surface-active additives into paint and varnish compositions opens up additional possibilities for targeted changes in the physicochemical properties of the structural layers formed at the “pigment-surfactant”, “pigment-dispersion medium” boundaries and, as a result, the prerequisites for controlling the process of disaggregation and stabilization of dispersions in paintwork materials. In accordance with the classification of P. A. Rebinder, dispersing surface additives include substances that are adsorbed at the interface of two immiscible liquids or on solid interfaces, but do not form structures either in the solution volume or in the surface layers. The mechanism of the disaggregating action of surfactants in an organic dispersion medium is based on the processes of their adsorption on the hydrophilic surface of pigments.

The regularities of the development of processes for the disaggregation of titanium dioxide pigment I(R-02) and calcite filler (M-20) based on non-polar solvent (white spirit) and surfactant AS (amine derivative with the number of carbon atoms in the chain 6-8, TU 655-RK 056006434-002-2000).

Surface-active effect of surfactants was established with usage of a computer-optical analyzer [6-7], which allows in automatic mode to determine the fractional composition of suspensions, as well as the geometric dimensions and configuration characteristics of individual dispersions. To quantify the degree of disaggregation, a calculated index d was used that characterizes the average particle diameter of pigments in suspensions.

For an adequate transfer of the image observed in the eyepiece of the microscope, an electronic converter-attachment with a magnification of $\times 35$, equipped with a standard USB port and a software package, was used. The principle of the electronic video eyepiece is analogous to the principle of the photocell function and consists in converting light energy into electrical energy. The system unit of the attachment with small-format CCD cameras transforms the images fixed in the eyepiece of the microscope into signals acceptable for perception by the Windows XP system in personal computers.

Electronic configuration attachments are compatible with traditional microscopes. In the system developed by us, the CARLZEISS 451422 microscope was used [7].

2. Results.

During the experiments, a modified plan-matrix of the four-factor experiment was used at three levels, which was achieved by taking the factor C_{TiO_2} (pigment concentration) beyond its limits (Table 1). As the main factors affecting the indicators of pigment and filler disaggregation, the quantitative content of the added solvent in suspensions ($C_{solvent}$, %, 10÷50 volume relative to PF-060,%), surfactant ($C_{surfactant}$, in terms of the total mass of solid-phase components, — 0÷16%), the relative content of titanium dioxide with a constant mass content of pigment and filler in suspensions — 16% (C_{TiO_2} , 0÷100% RH) was determined.).

Table 1. The experimental values of the number of solid phase particles

$C_{surfactant}$, %	$C_{solvent}$, %	C_{TiO_2} , %				
		0	25	50	75	100
0	50	820	473	1273	2640	2291
0	30	523	705	694	2390	1377
0	10	805	835	1589	1250	3683
2	50	467	504	592	1213	2482
2	30	551	757	781	750	4670
2	10	917	1245	763	1329	4186
4	50	1202	934	610	1669	1402
4	30	1141	1174	1776	882	2848
4	10	1253	563	1332	1181	4749
16	50	634	673	864	2712	3947
16	30	536	804	567	2593	4494
16	10	642	601	599	932	4571

The method of preparation of suspensions of paintwork materials with different content of cover-forming substance was the preliminary dilution of white spirit varnish PF-060 in the following volume ratios: 1:9, 3:7, 1:1. The resulting solutions (hereinafter-A) were directed to the preparation of suspensions, which was carried out at 20 °C in a hermetic reactor (volume 0.2 dm³), equipped with a mixing device (impeller agitator, frequency — 700 rpm). The duration of the operation, in which the stabilization of the equilibrium characteristics of suspensions and the fractional composition of the pigment and filler was fixed, was 1 hour. The relative pigment contents varied due to changes in its mass concentration in the solid phase. To estimate the disaggregating effect of surfactants, the calculated index — its concentration (in mass, %) by mass of pigment. For this purpose, a series of solutions with different surfactant content (from 0 to 16%) was prepared by dissolving the surfactant in a fixed volume of solution A. The resulting solution (hereinafter — B) was sent to the preparation of suspensions. The method of preparation of modified suspensions using solution B is similar to the above.

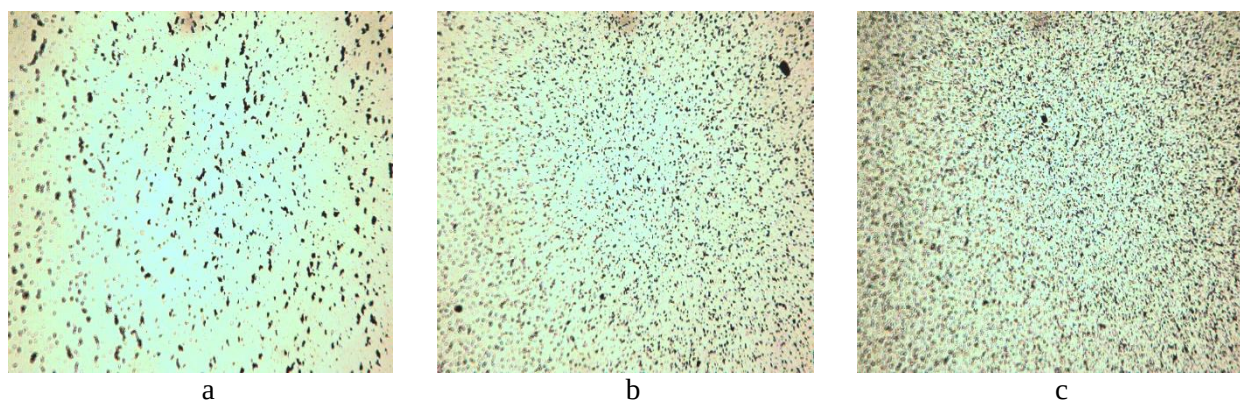
The studied samples of paint suspensions were placed on a slide, fixed with a cover glass and maintained for a certain time under load with the help of a microdispenser (the volume of the drop was 0.02 ml). As it is known, as the solvent evaporates (in time), due to the tightening effect (in height and in plane), the development of deformation processes that affect the characteristics (geometric, structural) of the films themselves, as well as the width of the gap between the object and cover glasses, increases. The results of preliminary tests carried out on samples of different compositions showed that the load regime should be $p \geq 10$ g/cm². At the same time, the period of holding the samples under load was optimized, which was set according to the time required to stabilize the deformation processes in the films. For the system under study, the static load period was 5 minutes.

The response function was the total number of solid phase particles (N) falling on a fixed area of the substrate:

$$S : N = N_{relative} \cdot S$$

The values of N in the samples were determined at a given magnification ratio (X350) using a computer-optical control system [8-9], which calculates the number of particles at $S = 0.38 \text{ mm}^2$.

Typical micrographs of suspensions of dispersed systems are presented in Fig. 1:



$C_{\text{TiO}_2} = 100\%$; $C_{\text{surfactant}} = 0\%$; C_{solvent} , %: a – 50, b – 30, c – 10

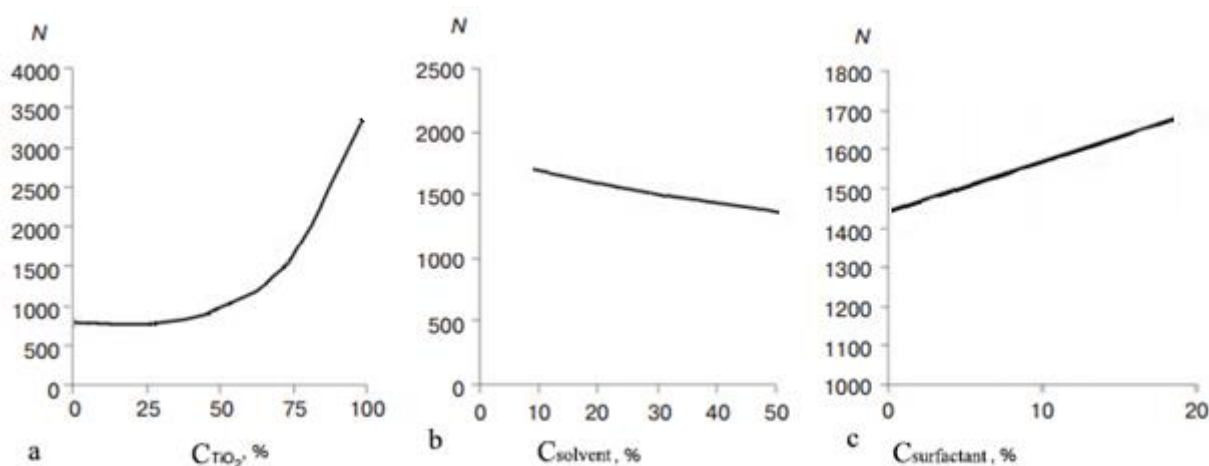
Fig. 1. Typical micrographs of suspensions of dispersed systems

After the implementation of the active experiment the experimental array was sampled for each level of each factor within the two-dimensional matrix Y_x :

$$Y = \begin{pmatrix} y_{x_{11}}, & y_{x_{12}}, & \dots & y_{x_{1z}} \\ y_{x_{21}}, & y_{x_{22}}, & \dots & y_{x_{2z}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{x_{m1}}, & y_{x_{m2}}, & \dots & y_{x_{mz}} \end{pmatrix},$$

m – number of levels; z - number of functional expressions for each level.

Particular dependences $N = f(C_i)$ for each individual factor are shown in Fig. 2.



a - TiO_2 ; b - added solvent, c - AS surfactant

Fig. 2. Effect on pigment disaggregation rates of concentration

From the analysis of particular dependences follows a natural increase in the number of particles as the total concentration of solid-phase components in the paintwork system increases (Fig. 2, a); at the same time, the positive contribution of the as surfactant concentration to the change in N is consistent with its disaggregating effect previously established for other pigments [10-12]. Reducing the degree of disaggregation of the pigment and filler as dilution of the cover-former by solvent indicates a positive (surface-active) role of functional groups (hydroxy-, carboxy-) in the pentaphthalic resin [13,14].

After approximation of partial dependences using standard programs "Advanced Grapher" and "Microsoft Excel", one-parameter equations characterizing the effect on the response function of each factor separately (equations 1-3) are obtained.

$$N = -7.9 \cdot C_{\text{solvent}} + 1755.7 \quad (1)$$

$$N = 0.48 \cdot C_{\text{TiO}_2}^2 - 23 \cdot C_{\text{TiO}_2} + 880 \quad (2)$$

$$N = 14.95 \cdot C_{\text{surfactant}} + 1436.6 \quad (3)$$

To build a generalized model, we used a multivariate equation of nonlinear multiple correlation, which in an implicit form has the form [15]:

$$Y_{\text{general}} = \frac{f(x_1) \cdot f(x_2) \cdot \dots \cdot f(x_n)}{g_{\text{average}}^{n-1}}, \quad (4)$$

$x_1, x_2, \dots, x_n$ — factors; n — number of factors; g_{average} — general average. Values of g_{average} were calculated by the formula:

$$g_{\text{average}} = \frac{\sum_{i=1}^M Y_{\text{exp.}}}{M} \quad (5)$$

$Y_{\text{exp.}}$ - the set of experimental data in the matrix; M - the number of rows in the matrix. After substituting the approximated expressions (1-3) into equation (4), we obtain a generalized equation that takes into account the joint contribution of all factors:

$$N = ((-7.9 \cdot C_{\text{solvent}} + 1756)(0.48 \cdot C_{\text{TiO}_2}^2 - 23 \cdot C_{\text{TiO}_2} + 880)(14.95 \cdot C_{\text{surfactant}} + 1436.6))/1507^2. \quad (6)$$

The adequacy of the obtained model (for the 95th significance level) was estimated on the basis of the correlation coefficients (R) and significance (t_R), which were calculated by the equations:

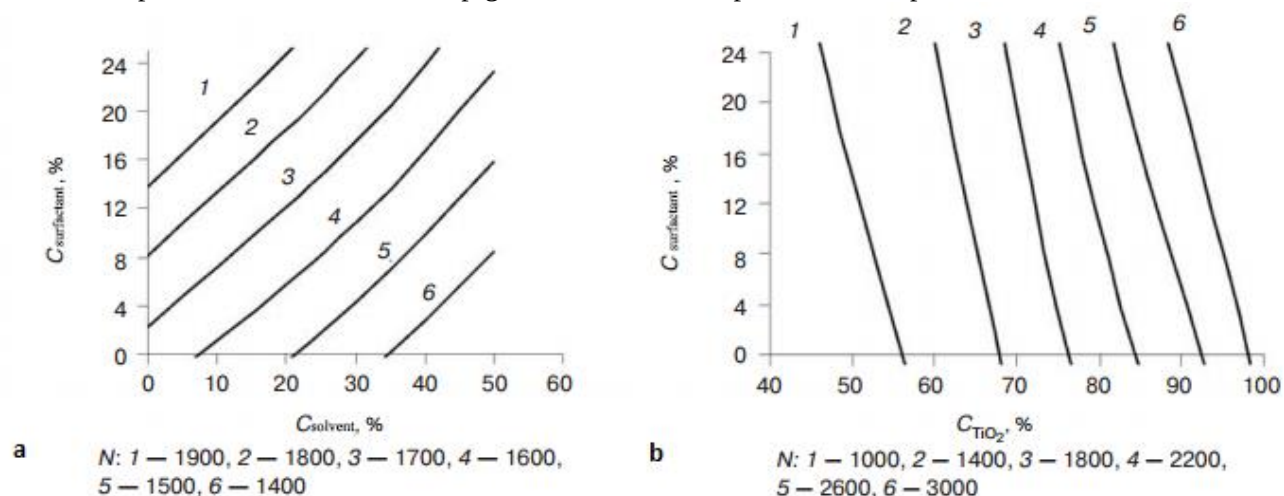
$$R = \sqrt{1 - \frac{(n-2) \cdot \sum (y_{\text{experimental}} - y_{\text{average}})^2}{(n-1) \cdot \sum (y_{\text{experimental}} - y_{\text{average}})^2}}$$

$$t_R = \frac{R \sqrt{(n-2)}}{1 - R^2}$$

The calculations showed a satisfactory convergence of the experimental and calculated (according to equation 6) values of the response function: $R = 0.94$, $t_R > 2$.

Based on the solution of the generalized equation, the optimal expenditure of the surfactant, solvent and pigment in the suspension of paintwork materials were determined, providing the required degree of disaggregation of titanium dioxide. The joint contribution of the two factors to N is represented by nomograms (Fig. 3) obtained by equation 6.

The analysis of the obtained dependences shows that in order to stabilize the indices of pigment disaggregation at a fixed level, providing, for example, $N = 1800$, required to increase the surfactant consumption or reduce the relative pigment content as the paintwork composition is diluted with a solvent.



a - $N = f(C_{\text{surfactant}}, C_{\text{solvent}}, C_{\text{TiO}_2} = 67.8\%)$;

b - $N = f(C_{\text{surfactant}}, C_{\text{TiO}_2}, C_{\text{solvent}} = 30\%)$

Fig. 3. Two factor nomograms

Calculations according to equation (6) showed that if $C_p = 10\%$, then the given $N = 1800$ in paintwork materials is achieved at $C_{\text{surfactant}} = 6.95\%$ and $C_{\text{TiO}_2} = 70\%$ (relatively); a similar indicator of the degree of dispersion can be achieved by reducing the relative pigment content to 68.2%, but this will require an increase in surfactant expenditure to 12%. According to the results of balance experiments performed with paintwork compositions of these two compositions, a satisfactory convergence in the predicted and practical values of N was established; the mean-square deviation for the two examples considered does not exceed 1.2%.

3. Discussion.

1. The use of probabilistic-deterministic modeling methods with an extended plan-matrix ensured that an adequate multi-factor mathematical model of disaggregation of pigments and fillers and, as a result, the solution of applied tasks in terms of optimizing the composition of paint materials.

2. To stabilize the disaggregation of pigment at a fixed level ($N=1800$) requires a solvent content of 10%, surface-active substance - 6.95 % and titanium dioxide 70% rel.

3. A similar rate of dispersing is achieved by reducing the relative pigment content to 68.2%, while increasing to 12% the consumption of surfactants.

LITERATURE

- [1] Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах: Сб. науч. тр. / П.А. Ребиндер. – М.: Наука, 1979. – Т.1. – 450 с.
- [2] Ребиндер П.А. Физико-химическая механика дисперсных структур / П.А. Ребиндер. – М.: Знание, 1958. – Сер. IV. – № 39, 40. – 64 с.
- [3] Болатбаев К.Н. Модифицирование композитов поверхностно-активными веществами: моно-графия / К.Н. Болатбаев, А.Н. Дюрягина, К.А. Островной. – Петропавловск: Изд-во СКГУ, 2005. – 184 с.
- [4] Голубева О.Ю. Гибридные наноструктуры на основе слоистых силикатов и азотсодержащих органических соединений / О.Ю. Голубева // Журнал общей химии. – 2007. – Т.77, №.2. – С. 246-251.
- [5] Nsib Faouzi, Ayed Naceur, Chevalier Yves. Selection of dispersants for the dispersion of C.I. Pigment Violet 23 in organic medium. // Dyes and Pigments. – 2007. – Vol. 74, Iss. 1. – P. 133–140. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2006.01.047>.
- [6] Малышев В. П. Вероятностно-детерминированное планирование эксперимента: монография / В.П. Малышев – Алма-Ата, 1981. – 161 с.
- [7] Свидетельство о регистрации интеллектуального продукта 0806 РК 00075. Казахстан. Компьютерно-микрооптический комплекс для анализа порошков и суспензий / К. Н. Болатбаев, Т.Н. Луговицкая, А.А. Тукачев, Р.С. Рустем. Опубл. 01. 06. 2006.
- [8] Dyuryagina A.N., Lutsenko A.A. Investigation of the processes of titanium dioxide dispersion in the presence of various surfactants // Bulletin of the KARGU, 2018. – 4, P. 16–20.
- [9] Nurudeen Yekeen, Muhammad A. Manan, Ahmad Kamal Idris, Ali Mohamed Samin. Influence of surfactant and electrolyte concentrations on surfactant adsorption and foaming characteristics. // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2017. – Vol. 231. – P. 612–622. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2016.11.018>.
- [10] Grażyna Para, Agnieszka Hamerska-Dudra, Kazimiera Anna Wilk, Piotr Warszyński. Surface activity of cationic surfactants, influence of molecular structure // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2010. – Vol. 365. P. – 215–221. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2010.02.004>.
- [11] Deyab M.A., Rachid Ouarsal, Al-Sabagh A.M., Mohammed Lachkar, Bali B.El. Enhancement of corrosion protection performance of epoxy coating by introducing new hydrogenphosphate compound // Progress in Organic Coatings. – 2017. – Vol. 107. P. – 37–42. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2017.03.014>.
- [12] Xianming Shi, Tuan Anh Nguyen, Zhiyong Suo, Yajun Liu, Recep Avci. Effect of nanoparticles on the anticorrosion and mechanical properties of epoxy coating // Surface and Coatings Technology. – 2009. – Vol. 204, Iss 3. – P. 237–245. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2009.06.048>.
- [13] Артамонов Г.Л. Силиконовые смолы и модификаторы для промышленных ЛКМ / Г.Л. Артамонов // Лакокрасочные материалы и их применение. – 2009. – No 2. – С. 32–34.
- [14] Roldugin V, Sosnina S. Surface modification of ferromagnetics for polymer composites // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2004. – Vol. 239. – P. 95–99.
- [15] Rebecca Hellen. Preliminary study into the reduction and removal of naturally aged varnishes from painted surfaces using an Er:YAG laser in a two-step cleaning process with solvents // Journal of the Institute of Conservation. – 2020. – Vol. 43. – P. 79–93.

Дюрягина А.Н., Луценко А.А., Тюканько В.Ю.

Применение компьютерно-микрооптического метода для анализа диспергирующего действия полимерных модификаторов

Резюме. Развитие процессов дезагрегации (агрегации) контролировали по изменению среднестатистического размера твердофазных дисперсий (d , мкм) и фракционного состава (P , %) на фиксированной площади (S обрабатываемого изображения). Диспергирующий эффект поверхностно-активных полимеров устанавливали в водных суспензиях с 1%-м содержанием твердой фазы. В суспензиях варьировали количественные содержания водной дисперсии акрилового полимера от 0 до 30 % и полимерных ПАВ от 0 до 4 г/дм³. Исследования проводили в бинарных («вода-ПАВ») и тройных («вода-пленкообразующее-ПАВ») системах. Анализ полученных данных показал, что, диспергирование пигмента определяется содержанием пленкообразующего в системе и может целенаправленно регулироваться содержанием ПАВ. В системе «вода-ПАВ» максимум дезагрегирующего эффекта исследуемых модификаторов по отношению к диоксиду титана фиксировали при их содержании 1,0 г/дм³. При этом наибольшим диспергирующим эффектом характеризовался Dispers 715w. Выведены уравнения, описывающие влияние концентрации аддитива, содержания пленкообразующего на диаметр частиц пигмента, и на их основе построены номограммы.

Ключевые слова: покрытия, акриловая композиция, поверхностно-активные вещества, пленкообразование, дисперсия, водно-акриловая дисперсия, диоксид титана, суспензия.

Дюрягина А.Н., Луценко А.А., Тюканько В.Ю.

Полимер модификаторларының дисперсті әсерін талдау үшін компьютерлік-микрооптикалық әдісті қолдану

Түйіндеме. Дезагрегация (жинақтау) процестерінің дамуы қатты фазалы дисперсиялардың орташа статистикалық көлемін (d , мкм) және бөлшек құрамын (P , %) белгіленген аумаққа (S өңделген кескін) өзгерту арқылы бақыланды. Беткі белсенді полимерлердің дисперсиялық эффектісі 1% қатты құрамы бар сулы суспензияларда анықталды. Суспензияда акрил полимерінің сулы дисперсиясының сандық құрамы 0-ден 30% -ға дейін және полимерлі беттік-белсенді заттар 0-ден 4 г / дм³-ге дейін өзгерді.

Зерттеулер екілік («су-беттік-белсенді зат») және үштік («су қабатын құрайтын беттік-белсенді зат») жүйелерінде жүргізілді. Деректерді талдау көрсеткендей, пигменттің дисперсиясы жүйеде пленканың түзілуімен анықталады және беттік-белсенді заттардың құрамымен мақсатты түрде басқарылуы мүмкін. «Су бетіндегі белсенді зат» жүйесінде зерттелетін модификаторлардың титан диоксидіне қатысты бөлу тиімділігі олардың 1,0 г / дм³ деңгейінде тіркелді. Бұл жағдайда Dispers 715w ең үлкен дисперсиялық әсерімен сипатталды. Қоспаның концентрациясының әсерін сипаттайтын теңдеулер алынған, пигменттің бөлшек диаметріне пленка түзетін мазмұн және олардың негізінде номограммалар салынған.

Түйін сөздер: жабындар, акрил құрамы, беттік-белсенді заттар, пленка қалыптастыру, дисперсия, су-акрил дисперсиясы, титан диоксиді, суспензия.

ӨОЖ 67.15. 55

G. Makulbekova¹, Ye. Kocherov¹, A. Pivovarov², G. Kenzhalieva¹, A. Mamitova¹.

(¹M.Auezov South-Kazakhstan State university, Shymkent, Kazakhstan.

²Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine.

E-mail: erkebulan083@mail.ru)

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF JOINT HEAT TREATMENT OF BENTONITE CLAYS OF THE KYNGYRAK-KELES DEPOSIT AND TPP ASH IN ORDER TO OBTAIN HEAT-INSULATING AND FIREPROOF CERAMIC GRANULES

Abstract. The article analyzes the quality indicators of heat-insulating and fireproof porcelain stoneware. The results of a study of the process of joint heat treatment of bentonite clays and ash TPP in laboratory conditions are presented. As a result of research work, samples of porcelain granules from raw clay and ash TPP in certain proportions of the mixture. Changes in the coefficient of expansion and bulk density of samples of granular granules depending on the firing temperature are estimated. It was revealed that the ash of the Shymkent TPP can be suitable as an intensifier for the expansion of bentonite clays of the Kyngyrak-Kelesky deposit.

Key words: heat insulation, fireproof, porcelain stoneware, deposit, expansion coefficient, clay, TPP ash, bulk mass, research.

Г. Мақұлбекова¹, Е. Кочеров¹, А. Пивоваров², Г. Кенжалиева¹, А. Мамитова¹
(¹М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент, Қазақстан.
²Украина мемлекеттік химия-технологиялық университеті, Днепр, Украина.
E-mail: erkebulan083@mail.ru)

ЖЫЛУОҚШАУЛАУЫШ ЖӘНЕ ӨРТ ҚАУІПСІЗ КЕРАМОГРАНУЛЯТТАР АЛУ МАҚСАТЫНДА ҚЫҢҒЫРАҚ-КЕЛЕС КЕНОРНЫ БЕНТОНИТТІ САЗДАРЫ МЕН ЖЭС КҮЛДЕРІНІҢ БІРІККЕН ТЕРМИЯЛЫҚ ӨНДЕУ ҮРДІСІН ЗЕРТТЕУ

Түйіндемe. Мақалада жылу оқшаулауыш және өрт қауіпсіз керамогрануляттардың негізгі сапалық көрсеткіштері талдауға алынған. Зертханалық шарттарда бентонитті сазды шикізат пен ЖЭС күлдерін біріккен термиялық өндеу үрдісін зерттеу нәтижелері ұсынылған. Зерттеу жұмыстарының нәтижесінде сазды шикізат пен ЖЭС күлінен белгіленген ара-қатынаста үлгілі керамогрануляттар алынған. Үлгілі керамогрануляттардың кеуектену коэффициентіне және көлемдік массасына ЖЭС күлінің температураға тәуелді әсері бағаланған. Шымкент ЖЭС күлдері Қыңғырақ-Келес кенорны бентонитті саздары кеуектенуінің интенсификаторы ретінде қолданылу мүмкіндігін анықталды.

Кілітті сөздер: жылуоқшаулау, өрт қауіпсіз, керамогранулят, кенорны, кеуектену коэффициенті, саз, ЖЭС күлі, көлемдік масса, зерттеу.

Кіріспе. Керамогрануляттар өндірісі үшін жарамды саздарда шаңды бөлшектердің мөлшері 20% аспауы қажет, дәндерінің өлшемі 0,2 мм асатын карбонаттар болмауы керекжәне де органикалық қоспалардың мазмұны 1-2% аралығында болғаны тиімді [1,2].

Бірақ, мұндай шикізаттың шектеулілігі және өндірістің экономикалық тиімділігін қамтамасыз ету, кәсіпорын алдына өндірістік қалдықтарды қолдану мәселесін қояды. Аталған өндірістік қалдықтардың химиялық құрамы әрқашан керамзитті шикізаттарға қойылатын талаптарға толығымен сәйкес келе бермейді [1,2].

Керамогрануляттар өндірісінде қолданылатын кеуектенбейтін және әлсіз кеуектенетін саздарды қолданудың түрлі белгілі әдістері бар. Негізінен олар саздардың химиялық құрамын өзгерту, күйдіру кезінде түйіршектер беттігіндегі сұйық фазаны оқшаулау, күйдірудің спецификалық шарттарын жасау жолымен кеуектенудің температуралық аралығын ұлғайтуға бағытталған.

Термиялық күйдіру кезінде материалдың жабысып қалмауын болдырмау үшін, шикі түйіршектерді түрлі отқа төзімді қоспалармен бүрку ұсынылады. Бүркудің әсері жоғары дисперсті қиын балқитын бөлшектердің еруі кезінде түйіршектердің беттік қабатының тұтқырлығын жоғарылату есебінен кеуектену аралығын ұлғайтуға негізделген. Қиын балқитын бүрку қоспасы ретінде кварц құмын, алюмосиликатты тау жыныстарын, мұнайхимиялық және гидролизді өндірістердің қалдықтарын қоолдануға болады.

Шикізат құрамына органикалық, сілтілік және темір мазмұндайтын қоспаларды, сондай-ақ кешенді – органосілтілі, органотемірлі және темірсілтілі материалдар қосу кезінде сапалы нәтижелерге қол жеткізуге болады. Органикалық қоспаларды әсері қажетті тотықсыздандыру шарттарын жасауға негізделген және оларды құрамында темір тотығы 10% аспайтын шикізаттарға енгізген мақсатты.

Зерттеу жұмыстары барысында Түркістан облысы Сарыағаш ауданында орналасқан Қыңғырақ-Келес кенорнының сазды шикізаттары қолданылды. Тәжірибені жүргізу барысында Қыңғырақ-Келес кенорнының сазды шикізаттары тандалып, МЛ-1р шарлы диірменде 1 мм өлшемді түптікті електен өтетіндей етіп ұнтақталды, сонан соң 30°C температурада кептіргіш шкафта тұрақты салмаққа дейін кептірілді.

Тәжірибелік жұмыстар үшін алдын-ала дайындалған және өлшенген сазды материал қоспалармен бірге АЛС-5 типті араластырғышта құрғақ күйінде мұқият араластырылды. Құғақ қоспаны сумен қоймалжың консистенция түзілгенше сумен ылғалдандырдық. Осылайша ылғалдандырылған қоспа 4 сағат бойында ұсталып тұрды, сонан соң қайта араластырылды. Дайындалған массада нызыдау әдісімен пресс-таблетка үлгілері ПГМ-100МГ4А гидравликалық пресстің көмегімен дайындалды. Нызыдалған үлгілер 100-140°C температура кезінде тұрақты салмаққа дейін кептірілді.

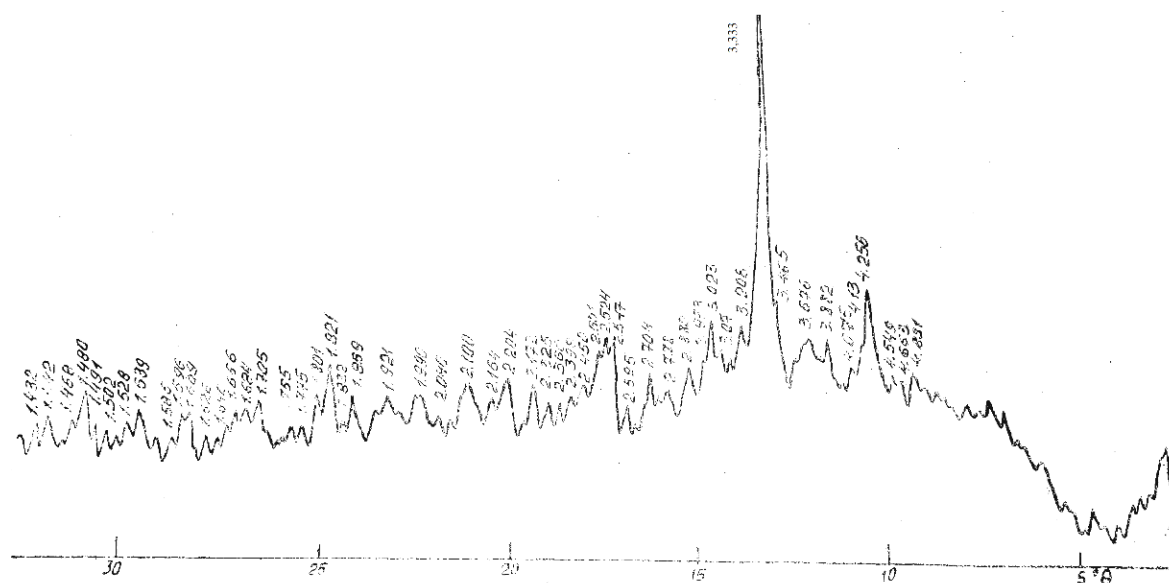
Сазды шикізаттың маңызды қасиеттерінің бірі оттық және ауалық шөгуі болып табылады. Яғни, кептіру үрдісі кезінде сазды үлгінің сызықтық өлшемдері мен көлемінің кішірейуі. Зерттелудегі саз үшін баяу табиғи кептіру шарттарында ауалық сызықтық шөгу шамасы 10,8%, ал кептірудің жасанды қатаң тәртіп кезінде – 7,8%. 950°C температура кезінде үлгілерді күйдіру үрдісіндегі оттық шөгу шамасы 5,5% [3,4].

Тәжірибелік бөлім. Үлгілерді термиялық дайындау муфелді пеште жүзеге асырылды, онда үлгілер 2 минутта 280-300°C дейін қыздырылды. Термиялық дайындаудан кейін үлгілер температураны жоғарылату минутына 10-15°C жылдамдықта 1085-1180°C кезінде күйдірілді. Зертханалық шарттардағы керамогрануляттарды термиялық дайындаудың температура-уақыттық тәртібі 1 кестеде келтірілген.

Кесте 1. Керамзитті грануляттарды термиялық дайындаудың температура-уақыттық тәртібі

Синтездеу сатылары	T, °C	Күйдіру уақыты, мин	
		қарапайым тәртіп	жеделдетілген тәртіп
Кептіргіш шкафта қыздыру	130	5	5
Термиялық қайындау	300	2	2
Пештегі температураны көтеру	1080-1180	23	13
Күйдіру температурасы кезінде ұстап тұру	1080-1180	7	5
Салқындатудың 1-ші сатысы	900-950	0,5-1	0,5-1
Салқындатудың 1-ші сатысы	30	7	5
		45	31

Органикалық (жанғыш) қоспа ретінде ЖЭС күлі қолданылды. Шымкент ЖЭС күлі келесідей минералдар қоспасынан тұрады: α -кварц (4,23; 3,333; 2,453; 2,285; 2,231; 2,125; 1,981; 1,812; 1,674; 2,534; 1,450Å), ортоклаз (4,033; 3,769; 3,242; 2,921; 2,859; 2,479; 2,388; 1,981; 1,911; 1,862Å), кальций карбонаты (3,89; 3,023; 2,479; 2,231; 2,084; 1,911; 1,761; 1,674; 1,646; 1,609; 1,516; 1,473; 1,432Å). Темірлі минералдар гематит (2,683; 2,205; 2,027; 1,832; 1,691; 1,601; 1,488; 1,450Å) және магнетит (4,704; 2,973; 2,515; 2,421; 2,084; 1,704; 1,614; 1,488Å) ретінде келеді. Сонымен қатар, алюминий ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$: d/n = 6,141; 3,181; 2,34; 1,832; 1,744; 1,646Å) және кальций (Al_2SiO_5 : d/n = 5,539; 3,412; 2,901; 2,205; 1,587; 1,516; 1,432Å) гидрототықтарының дифракциялық сызықтары байқалады.



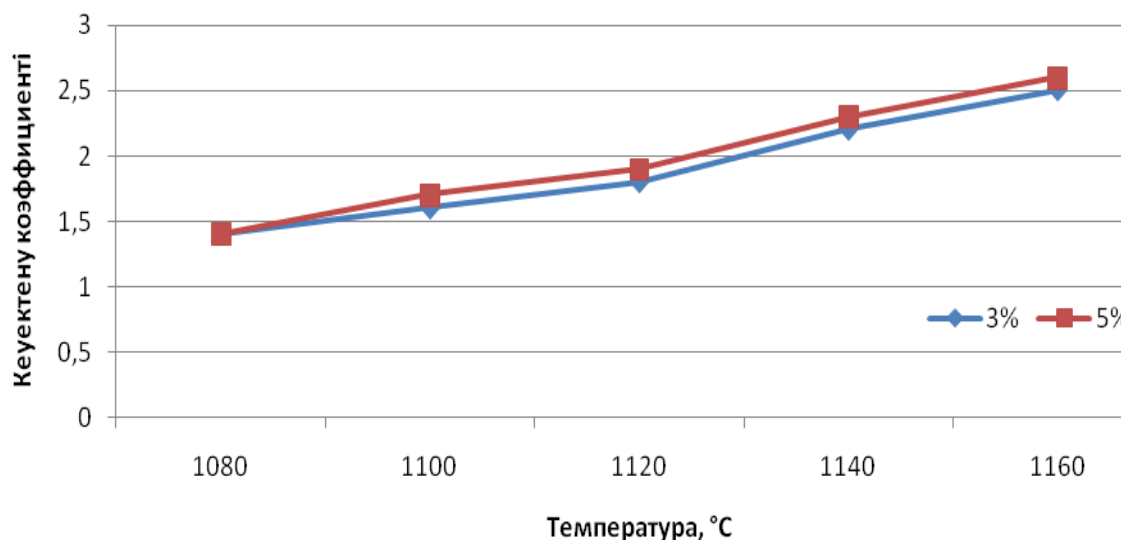
Сурет 1. Шымкент ЖЭС күлінің рентгенограммасы

Шымкент ЖЭС күлі дәндерінің өлшемі жағынан 1 мм аспайтын бір келкі ұнтақтан тұрады, органикалық бөлігінің мазмұны 14-32%.

Бастапқыда ЖЭС күлін дірілді стенд (елек №1) арқылы елеп алынды, сонан кейін АЛС-5 типті автоматты зертханалық араластырғышта саз ұнтағымен мұқият араластырылып, ылғалдандырылды. Араластырылған массада пластикалық әдіспенен қабырғаларының ұзындығы 20 мм кубтар қалыптанды. Дайындалған үлгілер кептірілді және муфельді пеште күйдірілді.

Нәтижелер. Құрамына 3% және 5% ЖЭС күлі қосылған зерттелудегі сазды 1100-1160°C температураға дейін күйдіру кезіндегі кеуектену коэффициенті 1,6-дан 2,6 дейін өзгерді. Аталған шарттарда ЖЭС күлінің қатысынсыз күйдірілген үлгілердің кеуектену коэффициенті 1,4-тен 1,5 дейін

өзгерді. ЖЭС күлінің қоспасы бар саздан алынған түйіршектердің көлемдік массасы 0,987-ден 0,520 г/см³ дейін өзгерген. Ал, күлді қоспасы жоқ саздан алынған түйіршектер – 1,665-тен 1,053 г/см³ дейінгі көлемдік массаға ие (кесте 2, сурет 2 және 3).

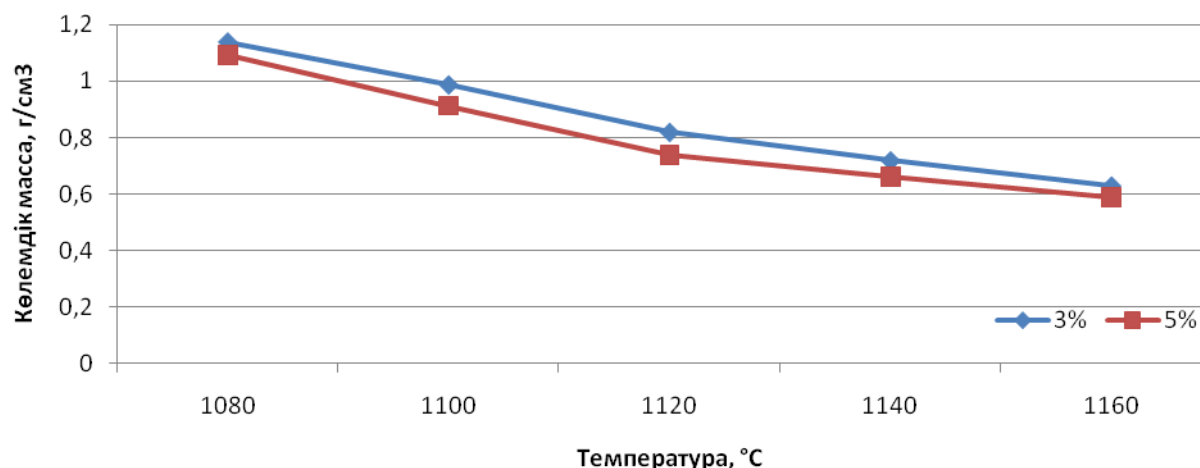


Сурет 2. Қыңғырақ-Келес кенорны бентонитті саздары мен ЖЭС күлді қоспасы негізінде алынған керамогрануляттардың күйдіру температурасына тәуелді кеуектену коэффициентінің өзгеруі

Кесте 2. Қыңғырақ-Келес кенорны бентонитті саздары мен ЖЭС күлді қоспасы негізінде алынған керамогрануляттардың физика-механикалық көрсеткіштері

Күйдіру температурасы, °C	Кеуектену коэффициенті	Көлемдік массасы, г/см ³	Ылғал сіңірімділігі, %	Жалпы (шынайы) кеуектілігі, көлем, %	Ашық (жуықтамалы) кеуектілігі, көлем, %	Жабық кеуектілігі, көлем, %
ЖЭС күлі 3%						
1080	1,4	1,139	7,2	55,3	8,5	46,8
1100	1,6	0,987	4,9	61,3	4,9	56,4
1120	1,8	0,819	5,1	67,9	4,1	63,8
1140	2,2	0,718	5,7	71,9	4,8	67,1
1160	2,5	0,629	6,4	75,3	4,0	71,3
ЖЭС күлі 5%						
1080	1,4	1,092	8,1	57,2	8,9	49,3
1100	1,7	0,913	7,4	64,2	6,8	57,4
1120	1,9	0,740	7,1	67,9	5,8	62,1
1140	2,3	0,664	7,0	74,0	4,6	69,4
1160	2,6	0,590	7,6	76,9	4,5	72,4

Кеуектену коэффициенті мен тығыздығының өзгеру сипаты түзу сызықты өзгеріске жақын. 5% күлді қосу кезіндегі көрсеткіштер 3% қосу шартына қарағанда біршама оңтайлы. 1160°C күйдіру температурасында түйіршектердің көлемдік салмағына қол жеткізуге болады.



Сурет 3. Қыңғырақ-Келес кенорны бентонитті саздары мен ЖЭС күлді қоспасы негізінде алынған керамогрануляттардың күйдіру температурасына тәуелді көлемдік массасының өзгеруі

Тұжырым. 2 кестеде, 2 және 3 суреттерде келтірілген зерттеу жұмыстарының нәтижелері көрсеткендей, Шымкент ЖЭС күлдері Қыңғырақ-Келес кенорны бентонитті саздары кеуектенуінің интенсификаторы ретінде қолданылу мүмкіндігін айқындайды.

Энергиялық тиімді, өртқауіпсіз, жылуоқшаулауыш және экологиялық таза керамогрануляттар алуға жарамды және күйдіру кезінде кеуектенуге бейім Дарбаза және Қыңғырақ-Келес кен орындарының жеңіл балқитын монтмориллонитті, оңай балқитын және коллоидты саздары қосымша зерттелген [5].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Каталог по индустриально-инновационным проектам Министерства по инвестициям и развитию РК. Астана, 2015. – 60 с.
- [2] Бишимбаев В.К. и др. Минерально-сырьевая и технологическая база Южно-Казахстанского кластера строительных и силикатных материалов. - Алматы, 2009. – 266 с.
- [3] Makulbekova G.O., Kambarova N.A., Sultanmurat K.S., Kocherov Ye.N. TO THE QUESTION OF THE USE OF THE SOUTH-KAZAKHSTAN LIGHT-FLOATING CLAYS OF MONTMORILLONITE AND COLLOIDAL COMPOSITION FOR OBTAINING HEAT-INSULATING AND FIRE-SAFETY CERAMSITE GRANULES // Proceedings V International Conference «Industrial Technologies and Engineering» ICITE – 2018, Volume I. M. Auezov South Kazakhstan State University. Shymkent, Kazakhstan November 28, 2018. –P.229-232.
- [4] Жакипбаев Б.Е., Калдыбаев А.Б., Кочеров Е.Н. Сырьевая база Южного Казахстана для получения высокопрочных теплоизоляционных керамзитовых окатышей // Наука и Мир. 2014. № 8 (12). С. 44-46.
- [5] Макулбекова Г.О., Тұрғын Э.Р., Кочеров Е.Н., Кенжалиева Г.Д. Қыңғырақ-Келес бентонитті саздарын жылуоқшаулауыш және өртқауіпсіз керамзитті грануляттар алуда қолдану мүмкіндігі // Материали XV МНПК ACHIEVEMENT OF HIGH SCHOOL -2019. 15 - 22 November 2019г. Volume 8. София. «Бял ГРАД-БГ ОДД», 2019. p.17-22.

Макулбекова Г.О., Кочеров Е.Н., Пивоваров А.А., Кенжалиева Г.Д., Мамитова А.Д.

Исследование процесса совместной термической обработки бентонитовых глин Кыңғырақ-Келесского месторождения и золы ТЭС с целью получения теплоизоляционных и пожаробезопасных керамогранулятов

Резюме. В статье проанализированы качественные показатели теплоизоляционных и пожаробезопасных керамогранулятов. Приведены результаты исследования процесса совместной термической обработки бентонитовых глин и золы ТЭС в лабораторных условиях. В результате исследовательских работ получены образцы керамогранулятов из сырьевой глины и золы ТЭС в определенных соотношениях шихты. Оценены изменения коэффициента вспучивания и объемная масса образцов керамогранулятов в зависимости от температуры обжига. Выявлено, что золы Шымкентской ТЭС могут быть пригодны в качестве интенсификатора вспучивания бентонитовых глин Кыңграқ-Келесского месторождения.

Ключевые слова: теплоизоляция, пожаробезопасный, керамогранулят, месторождение, коэффициент вспучивания, глина, золы ТЭС, объемная масса, исследование.

Турарова М.К., Модин И.Н., Мирғалиқызы Т. КАЛУГА АЙМАҒЫНЫҢ «ОПАКОВ» ЕСКІ ҚАЛАШЫҒЫНДАҒЫ ЭЛЕКТРЛІК ТОМОГРАФИЯМЕН ЗЕРТТЕУ ДЕРЕКТЕРІН 2D ИНВЕРСИЯЛАУ ЖӘНЕ ИНТЕРПРЕТАЦИЯЛАУ	480
Тұржанова К.М., Коньшин С.В., Солощенко А.В. МОБИЛЬДІ ЖЕЛІ ҚЫЗМЕТІНІҢ ТИІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ NB-IOT ТАР ЖОЛАҚТЫ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ПАЙДАЛАНУ КЕЗІНДЕ 4G БАЙЛАНЫСЫ СПЕКТРДІ ПАЙДАЛАНУДЫҢ ТҮРЛІ СЦЕНАРИЙЛЕРІ ҮШІН.....	485
Сақан Қ.С., Алғазы К.Т., Дюсенбаев Д.С. «QAMAL» ШИФРЛАУ АЛГОРИТМІНІҢ MIXER2 БЛОГІНІҢ ЕСЕПТЕУ ӨНІМДІЛІГІН АРТТЫРУДЫҢ КЕЙБІР ТӘСІЛДЕРІ	492
Капалова Н., Варенников А. ПЕПЖ НЕГІЗІНДЕ КРИПТОГРАФИЯЛЫҚ КІЛТТЕРДІ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНІҢ МОДЕЛІ.....	499
Дюрягина А.Н., Луценко А.А., Тюканько В.Ю. ПОЛИМЕР МОДИФИКАТОРЛАРЫНЫҢ ДИСПЕРСТІ ӘСЕРІН ТАЛДАУ ҮШІН КОМПЬЮТЕРЛІК-МИКРООПТИКАЛЫҚ ӘДІСТІ ҚОЛДАНУ	505
Мақұлбекова Г., Кочеров Е., Пивоваров А., Кенжалиева Г., Мамитова А. ЖЫЛУОҚШАУЛАУЫШ ЖӘНЕ ӨРТ ҚАУІПСІЗ КЕРАМОГРАНУЛЯТТАР АЛУ МАҚСАТЫНДА ҚЫҒЫРАҚ-КЕЛЕС КЕНОРНЫ БЕНТОНИТТІ САЗДАРЫ МЕН ЖЭС КҮЛДЕРІНІҢ БІРІККЕН ТЕРМИЯЛЫҚ ӨНДЕУ ҮРДІСІН ЗЕРТТЕУ	511
Оралбаев С.Ж., Жетпейсов М.Т., Илямов Х.М., Бисекен А.Б., Сапарбаев Е.Т. ИІНДІ БІЛКІТІҢ МОЙЫНШАЛАРЫН ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ТӘСІЛМЕН ЖАҢАРТУДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ АЛҒЫШАРТТАРЫ	516
Исахов А.А., Тонг Янг, Байтуреева А.Р. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ ЭКИБАЗТУСКОЙ ГРЭС-1 В КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ.....	522
Колисниченко С.Н., Савинкин В.В., Колисниченко С.В., Киселев Л.А., Кузнецова В.Н. БҰРҒЫЛАУ ҚОНДЫРҒЫСЫ СОРҒЫСЫНЫҢ РЕСУРСЫН ЫСТЫҚҚА ТӨЗІМДІ САҚИНАЛАРМЕН БІЛКІТЕР МОЙЫДАРЫНЫҢ ГЕОМЕТРИЯЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІН ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ ЖОЛЫМЕН АРТТЫРУ	530
Шульц Р., Солтабаева С., Сейтказина Г. СПОРТТЫҚ ҮЙМЕРЕТТЕРДІ ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ БАҚЫЛАУДЫҢ ДӘЛДІГІН АЛДЫН-АЛА ЕСЕПТЕУДІ ОРЫНДАУДЫҢ ЖАЛПЫ ТӘСІЛДЕМЕСІ.....	534
Айнабекова С.С., Шеров К.Т., Ғабдысалық Р., Доненбаев Б.С., Сатыбалды Ж.Ж. ӨНДЕУ ПРОЦЕССИНІҢ ҚАЛЫПТАСУ УАҚЫТЫНА КЕСУДІҢ ӨРТҮРЛІ РЕЖИМІНДЕ ДИСКІЛІ АРА ГЕОМЕТРИЯСЫНЫҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ	541
Тусупова С.О., Шеров К.Т., Иманбаев Е.Б., Имашева К.И., Ғабдысалық Р. ӨРТҮРЛІ БАЛҚЫМА МАТЕРИАЛДАРМЕН БАЛҚЫМАЛАП ҚАПТАСТЫРЫЛҒАН ҚАБАТТАРДЫҢ САПАСЫН МЕТАЛЛОГРАФИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ	547

Физика-математика ғылымдары

Жаңабаев З.Ж., Тұрлыкожаева Д.А., Үсінов Н.М. НАНОҚҰРЫЛЫМДЫ ШАЛАӨТКІЗГІШТЕРДЕГІ БЕЙСЫЗЫҚ ФРАКТАЛДЫҚ ӨЛШЕМІНІҢ ДИНАМИКАЛЫҚ ХАОСЫ.....	555
Тугельбаева Г.К. ҚАТТЫ НЕГІЗДЕГІ ҚУЫСЫ БАР СЕРПІМДІ ҚАБАТТЫҢ КЕРНЕУЛІ-ДЕФОРМАЦИЯЛЫҚ КҮЙІ.....	559
Баймурзина А.А., Луцак С.М. "ДИСКРЕТТІК МАТЕМАТИКА" БӨЛІМІ БОЙЫНША САБАҚТАРҒА МУЛЬТИМЕДИЯЛЫҚ СҮЙЕМЕЛДЕУДІ ӨЗІРЛЕУ	567
Қазиев Ғ.З., Таурбекова А.Ә., Доштаев К.Ж. БЛОКТЫ-СИММЕТРИЯЛЫ ЕСЕПТІ ШЕШУ АЛГОРИТМІНЕ ТАЛДАУ ЖҮРГІЗУ	576
Еділбаев Б.Т., Бренер А.М., Шоқанова А.Ш., Анарбекова Г.Ж., Әбілқасымов А.Е. ӨНДІРІСТІК ЖҮЙЕЛЕР ДИНАМИКАСЫНЫҢ ТРЕНДТЕРІН МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ.....	580
Темірханова А.М., Омарбаева Б.Қ. КВАЗИСЫЗЫҚТЫ ДИСКРЕТТІ ОПЕРАТОРЛАРДЫҢ БІР КЛАССЫНЫҢ САЛМАҚТЫ БАҒАЛАУЫНЫҢ БІР ЖАҒДАЙЫ $0 < q < p \leq \theta < \infty, p > 1$	588
Жетенбаев Н.Т., Юсупова Г.С., Бастыкова Н.Х. ҒЫЛЫМИ ЗЕРТТЕУ ЖҰМЫСТАР НӘТИЖЕЛЕРІН «ИНЕРЦИЯЛЫҚ ТЕРМОЯДРОЛЫҚ СИНТЕЗ ТЫҒЫЗ ПЛАЗМАСЫ ФИЗИКАСЫ ТАҢДАУЛЫ СҰРАҚТАРЫ» ЭЛЕКТРОНДЫ АРНАЙЫ КУРСЫНА ЕНГІЗУ	595