



DOI: 10.15593/2224-9826/2018.3.12

УДК 691.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВРЕМЕНИ МЕХАНОАКТИВАЦИИ НА СВОЙСТВА МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ВЯЖУЩЕГО

Аг.А. Мухамедбаев

Ташкентский архитектурно-строительный институт, Ташкент, Узбекистан

О СТАТЬЕ

Получена: 12 января 2018

Принята: 24 апреля 2018

Опубликована: 28 сентября 2018

Ключевые слова:

механоактивация, шаровая мельница, удельная поверхность, остаток на сите № 008, насыпная плотность, белизна, прочность, среда хранения.

АННОТАЦИЯ

Многие химико-технологические процессы, а также физико-механические характеристики тонкомолотых вяжущих веществ зависят от процессов механоактивации в измельчаемом оборудовании. В связи с этим данные исследования были посвящены процессам механоактивации многокомпонентного вяжущего. Продолжительность механоактивации многокомпонентного вяжущего составляла 30–90 мин. Механоактивация проводилась в лабораторной барабанной шаровой мельнице МБЛ-1. В исследованиях в качестве компонентов были использованы электротермофосфорный шлак, портландцементный клинкер и запеченная пыль клинкерообжигательных печей. В качестве затворителя многокомпонентного вяжущего использовали водный щелочной раствор технической кальцинированной соды плотностью 1,050 г/см³. В работе были определены физико-механические характеристики грубо- и тонкомолотого многокомпонентного вяжущего. В качестве физико-механических характеристик были рассмотрены удельная поверхность, остаток на сите № 008, гранулометрический состав, насыпная плотность и белизна молотого многокомпонентного вяжущего. Установлено, что измельчение продолжительностью 30 мин является недостаточным и не удовлетворяет предъявляемым требованиям к неорганическим вяжущим веществам по показателям удельной поверхности и остатка на сите № 008. Построена графическая зависимость многокомпонентного вяжущего между насыпной плотностью и количеством остатка на сите № 008. Также определены прочностные характеристики многокомпонентного вяжущего в различных условиях твердения. Установлено более положительное влияние тепловлажностной обработки на процессы твердения и прочность многокомпонентного вяжущего. С целью выявления причины низких прочностных показателей многокомпонентного вяжущего при водном хранении по сравнению с тепловлажностными был проведен химический анализ воды до погружения образцов и после 28 сут.

© ПНИПУ

© Мухамедбаев Абдугафур Абдувалиевич – докторант базовой докторантуры, e-mail: Sciencecemtech@mail.ru.

Mukhamedbaev Abdugafur Abduvalievich – Doctoral Student of the basic doctoral studies, e-mail: Sciencecemtech@mail.ru.

RESEARCH OF THE EFFECT OF MEHANOACTIVATION TIME ON THE PROPERTIES OF MULTICOMPONENT BINDER

A.A. Mukhamedbaev

Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering, Uzbekistan

ARTICLE INFO

Received: 12 January 2018
Accepted: 24 April 2018
Published: 28 September 2018

Keywords:

mechanoactivation, ball mill, specific surface, sieve residue № 008, bulk density, whiteness, strength, storage medium.

ABSTRACT

Many chemical-technological processes, as well as physical and mechanical characteristics of finely ground binders depend on the processes of mechanoactivation in the crushed equipment. In connection with this, the research data were devoted to the mechanoactivation of a multicomponent binder. The duration of mechanoactivation of the multicomponent binder was 30–90 minutes. Mechanoactivation was carried out in a laboratory ball mill MBL-1. In studies, as components, electrothermophosphor slag, Portland cement clinker and the dust of clinker kilns were used. As a mixing multicomponent binder an aqueous alkaline solution of technical soda density of 1,050 g/cm³. The paper identified the physical and mechanical characteristics of coarse from fine and multicomponent binders. As physical-mechanical characteristics, the specific surface, the residue on the screen No. 008, the particle size distribution, the bulk density and the whiteness of the ground multicomponent binder were considered. It has been established that grinding with a duration of 30 minutes is insufficient and does not satisfy the requirements for inorganic binders in terms of the specific surface and residue on the sieve No. 008. A graphical dependence of a multicomponent binder between the bulk density and the amount of residue on a No. 008 sieve is constructed. Strength characteristics of a multicomponent binder in various hardening conditions were also determined. A more positive effect of heat and moisture treatment on the hardening processes and strength of a multicomponent binder has been established. In order to reveal the reason for the low strength parameters of the multicomponent binder in water storage in comparison with heat and moisture, a chemical analysis of the water was carried out before submerging the samples and after 28 days.

© PNRPU

Общеизвестно [1–3], что многие химико-технологические процессы, а также физико-механические характеристики тонкомолотых вяжущих веществ (в частности, такие как скорость спекания, водопотребность, схватывание и гидратация вяжущего, прочность и т.д.) зависят от процессов механоактивации в измельчаемом оборудовании.

Диспергирование и механическая активация оказывают большое влияние на поверхностные свойства минералов и пород [4]: происходит заметное изменение физических свойств и химической активности вещества. Это объясняется не только увеличением удельной поверхности и уменьшением размеров частиц, но и изменением структуры, в частности аморфизацией поверхностных участков за счет протекания механохимических процессов.

На сегодняшний день разработка и применение новых многокомпонентных вяжущих (МКВ) с минимальным содержанием портландцементного клинкера (ПЦК) являются актуальными [5, 6]. Использование таких вяжущих в местах с меньшей ответственностью и более низкими требованиями дает возможность сэкономить дорогостоящий компонент строительства – портландцемент. При этом также уменьшается эмиссия CO₂ в атмосферу, имеется возможность избавления отвалов от скопившихся многотоннажных отходов, загрязняющих воздух, воду и почву в окрестностях предприятий.

Исследование процессов механоактивации монокомпонентной системы является более простым. Увеличение количества компонентов в системе требует дополнительных усилий для воссоздания полной картины процесса помола и определения рычагов влияния

на нее. Процессы механоактивации в МКВ-системах зависят не только от шаровой загрузки, скорости вращения барабана и среды измельчения, но и от соотношения, твердости, размеров зерен, размалываемости и других характеристик компонентов.

В процессе механоактивации многокомпонентной системы в мельнице происходит быстрое размалывание более мягкого компонента, приводящее к дополнительным препятствиям при измельчении твердого.

В научно-технической литературе есть достаточно большое количество публикаций по МКВ с точки зрения экологии, экономии топливно-энергетических и сырьевых ресурсов и др. Однако вопросы механоактивации МКВ остаются актуальными и по сей день.

Целью данной работы является исследование влияния механоактивации на физико-механические свойства МКВ. Задачей является изучение процессов измельчения в шаровой мельнице, влияния длительности помола на физико-механические свойства МКВ и нахождение оптимальных параметров механоактивации.

В исследованиях применялись физико-механические методы анализа. Тонкость помола оценивали по удельной поверхности с применением метода воздухопроницаемости и ситовым анализом в соответствии ГОСТ 310–76. Насыпную плотность тонкомолотых порошков в неуплотненном состоянии определяли по общеизвестной методике [7].

Определение степени белизны тонкомолотых порошков проводили оптическим методом. Для определения белизны использовали фотоэлектрический блескомер типа ФБ-2 [8]. Измерения проводили при геометрии освещения – наблюдения $45^\circ/0^\circ$. Для определения белизны пробы порошки прессовали в таблетки диаметром 70 мм и высотой не менее 5 мм без каких-либо вмятин.

Прочность тонкомолотых МКВ определяли в соответствии ГОСТ 310–76. В качестве жидкости затворения использовали раствор технической кальцинированной соды (ТКС) с плотностью $\rho = 1,050 \text{ г/см}^3$.

В исследованиях в качестве компонентов МКВ-системы были использованы электротермофосфорный (ЭТФ) шлак, ПЦК и запечная пыль клинкерообжигательных печей (ЗПКП) [9]. Химический состав компонентов приведен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав компонентов, %

Table 1

Chemical composition of the components, %

№	Наименование	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	CaO	R ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	п.п.п.
1	ЭТФ шлак	40,18	0,07	2,9	0,45	5,00	–	46,5	–	1,2	1,8	0,91
2	ПЦК	24,10	0,29	4,79	5,01	5,40	0,03	56,36	2,63	0,08	0,34	0,80
3	ЗПКП	16,46	0,20	3,07	2,89	3,02	0,03	42,06	3,15	0,06	0,26	28,76

В исследованиях использовали ЭТФ шлак ТОО «Казфосфат» («Новоджамбульский фосфорный завод» – НДФЗ) (Республика Казахстан), соответствующий ГОСТ 3476–74. В качестве ПЦК использовали продукт АО «Бекабадцемент», отвечающий требованиям O’zDSt 2801:2013. В качестве ЗПКП была использована проба, привезенная из АО «Бекабадцемент».

Соотношение компонентов МКВ следующее (%): ЭТФ – 80,0; ПЦК – 12,5; ЗПКП – 7,5. Механоактивацию осуществляли с 30 до 90 мин с интервалом 30 мин в лабораторной шаровой мельнице МБЛ-1.

Удельный расход энергии вычисляли с учетом производительности мельницы по формуле

$$B = (P \cdot 60)/t, \quad (1)$$

где B – производительность мельницы, кг/ч; P – масса материала, загруженного в мельницу, кг; t – продолжительность размола, мин.

$$\mathcal{E} = (N/B) \cdot 1000, \quad (2)$$

где \mathcal{E} – удельный расход энергии, кВт ч/т; N – полезная мощность, кВт.

Результаты определения основных физических характеристик и энергетических затрат помола приведены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристики помола МКВ

Table 2

Characteristics of grinding MCB

Состав, %	Время помола, мин	$S_{уд}$, см ² /г	№ 008, %	ρ , г/см ³	Белизна, %	B , кг/ч	\mathcal{E} , кВт·ч/т
ЭТФ – 80,0	30	2440	17,98	1,15	54,3	10	25
ПЦК – 12,5	60	3450	4,80	1,02	55,1	5	50
ЗПКП – 7,5	90	4100	2,83	0,97	57,9	3,33	75,07

Увеличение длительности измельчения приводило к повышению удельной поверхности и уменьшению количества остатка на сите № 008 соответственно (см. табл. 2). Показатели насыпной плотности понижались с увеличением времени механоактивации и уменьшением количества остатка на сите № 008 (рис. 1). Степень дисперсности МКВ при 30-минутном измельчении не удовлетворяет требования ГОСТ 310.2–76, что говорит о необходимости увеличения длительности механоактивации в мельнице [9–11]. Увеличение продолжительности механоактивации повышала белизну МКВ, связанное с повышением дисперсности и получением более гладкой отражающей поверхности при прессовании в таблетки.

Понижение насыпной плотности МКВ можно объяснить тем, что с увеличением продолжительности механоактивации размеры и форма зерен смеси становятся более одинаковыми, что приводит к повышению межзерновой пустотности в единице объема. Ранее была установлена возможность использования насыпной плотности в качестве дополнительного критерия при оценке тонкости помола вяжущих материалов [12, 13].

Как показали средние результаты 3-кратного просеивания в течение 10 мин (рис. 2), при меньшей продолжительности (30 мин) механоактивации остается большое количество остатка на ситах № 01 и 008. При увеличении времени механоактивации в 2 раза наблюдается значительное уменьшение остатка на этих ситах. Дальнейшее измельчение приводило только к уменьшению количества остатка на сите № 008. Тщательный анализ результатов просеивания показал, что при изучении гранулометрического состава тонкомолотых материалов и воспроизведении полной картины процессов механоактивации более 60 мин нужно использовать дополнительные более мелкие сита, чем № 008.

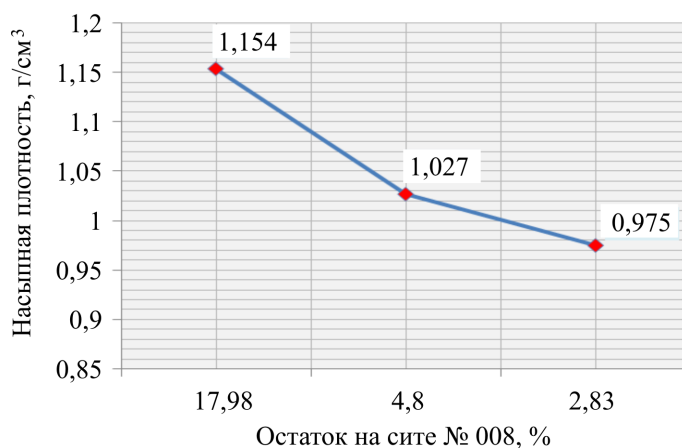


Рис. 1. График изменения насыпной плотности МКВ от остатка на сите № 008
Fig. 1. Diagram of the bulk density of the MCB residue on sieve № 008

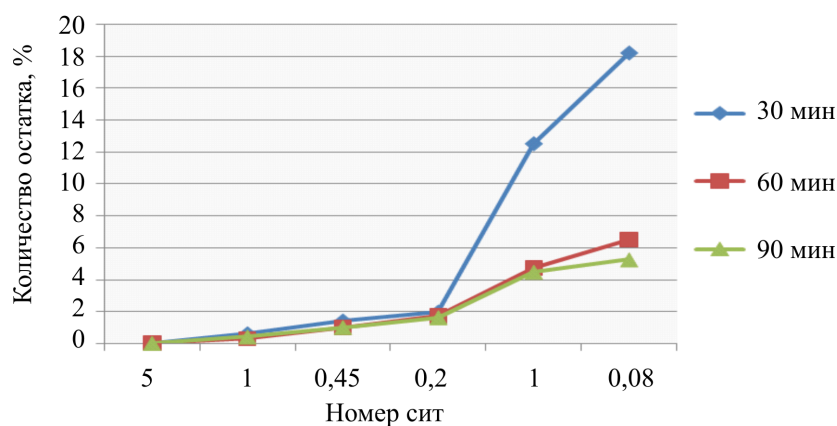


Рис. 2. График изменения количества полного остатка на ситах в зависимости от длительности механоактивации
Fig. 2. Diagram of the full amount of residue on the sieve in dependence on the duration mechanoactivation

В дальнейшем определяли прочность при сжатии механоактивированного МКВ в различных условиях твердения (табл. 3).

Таблица 3

Прочностные характеристики МКВ

Table 3

Strength characteristics of MCB

Состав, %	$S_{уд.}$, см ² /г	$R_{сж.}$ МПа		
		ЕХ 28 сут	ТВО	ВХ 28 сут
ЭТФ – 80,0	2440	28,00	21,26	17,38
ПЦК – 12,5	3450	29,48	30,97	25,60
ЗПКП – 7,5	4100	27,73	28,61	25,72

Примечание. ЕХ – естественное хранение; ТВО – тепловлажностная обработка; ВХ – водное хранение.

Note. ЕХ – natural storage; ТВО – heat and moisture treatment; ВХ – water storage.

С учетом того, что в составе содержится большое количество ЭТФ шлака и наблюдается более низкая щелочность среды рН в сравнении с портландцементом (рН = 11–12), было решено затворять МКВ раствором ТКС плотностью $\rho = 1,050 \text{ г/см}^3$. После 1 сут твердения образцы расформовали и хранили в трех условиях до момента испытания. Из-за грубой тонкости помола МКВ (30 мин) шлаковые составляющие не имеют достаточной поверхности для полного взаимодействия с щелочью, что приводит к низким прочностным показателям вяжущего при ТВО (21,26 МПа) и ВХ (17,38 МПа). Более тонкое измельчение продолжительностью 90 мин не приводило к повышению прочностных показателей независимо от условий твердения. Результаты ТВО МКВ помола в течение 60 и 90 мин превосходят прочностные характеристики образцов ЕХ и ВХ, что говорит о более положительном влиянии ТВО на процессы твердения. Разработанное вяжущее в присутствии влаги и тепла набирает большую прочность, о чем свидетельствуют анализ результатов исследований.

С целью выявления причины низких прочностных показателей МКВ при ВХ по сравнению с ТВО был проведен химический анализ воды до погружения образцов и после 28 сут (табл. 4). Результаты химического анализа показали, что при погружении образцов происходит вымывание несвязанной ТКС и легкорастворимых веществ в водную среду из образцов.

Таблица 4

Состав и свойства воды хранения

Table 4

Composition and properties of water storage

Показатели	Вода исходная	Вода после 28 сут
	Катионы, мг-экв / л	
Na ⁺	0,23	16,78
K ⁺	–	3,82
Ca ⁺⁺	2,10	0,30
Mg ⁺⁺	1,00	0,20
	Анионы, мг-экв / л	
Cl ⁻	0,20	0,82
SO ₄ ⁻⁻	0,43	1,47
NO ³⁻	0,05	0,31
OH ⁻	–	–
CO ³⁻	–	2,00
HCO ³⁻	2,65	16,50
	Другие определения	
Жесткость общая (мг-экв/л)	3,10	0,50
рН среды	8,10	9,88
SiO ₂ (мг/л)	6,00	26,00
Осадок	без осадка	с осадком
Сухой остаток при выпаривании (мг/л)	180	1300
Na при пламенном фотометре (мг/л)	5	371

Результаты исследований воды 28-суточного возраста показали [14], что с повышением минерализации среды увеличивается содержание катионов Na⁺ и K⁺ и уменьшается количество Ca⁺⁺ и Mg⁺⁺ по сравнению с исходной. Твердение МКВ в воде приводит к понижению ее общей жесткости и повышению показателя рН среды. Атмосферный воздух насыщал воду хранения с СО₂, вследствие чего повышалось содержание HCO³⁻. Увеличение

содержания катионов Na^+ и K^+ в воде с МКВ связано и с составом и затворяемой жидкостью. Повышение концентрации SiO_2 в воде связано с содержанием в составе ЗПКП и SiO_2 .

Из условий твердений МКВ на основе ЭТФ наиболее эффективным оказались тепло-влажностные условия, что было подтверждено и рекомендовано ранее для шлакопортландцементов [15].

Таким образом, результаты исследований показали взаимосвязь процессов механоактивации с физико-механическими характеристиками в МКВ-системе. Оптимальное время механоактивации МКВ в шаровой мельнице МБЛ-1 с точки зрения физико-механических характеристик, производительности и энергетических затрат составило 60 мин. При оценке тонкости помола вяжущих материалов можно использовать насыпную плотность в качестве дополнительного критерия. Из-за вымывания несвязанной ТКС и легкорастворимых веществ в водную среду происходит разрыхление структуры и понижение прочностных показателей образцов.

Библиографический список

1. Ходаков Г.С. Тонкое измельчение строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1972. – 237 с.
2. Аввакумов Е.Г. Механические методы активации химических процессов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Новосибирск: Наука, 1986. – 303 с.
3. Дешко Ю.И., Креймер М.Б., Крыхтин Г.С. Измельчение материалов в цементной промышленности. – 2-е изд. – М.: Стройиздат, 1966. – 270 с.
4. Николаенко Е.А. Влияние механоактивации неорганических вяжущих веществ на качественное изменение прочностных характеристик бетонных изделий // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2011. – № 1 (1). – С. 107–117.
5. Состояние и перспективы развития производства многокомпонентных малоклинкерных вяжущих веществ / В.К. Козлова, Е.В. Шкробко, Е.Ю. Малова, А.Н. Афаньков, В.В. Коньшин // Ползуновский Вестник. – 2014. – № 1. – С. 72–75.
6. Ярмаковский В.Н., Школьник Я.Ш. Композиционные малоклинкерные вяжущие // Технологии бетонов. – 2009. – № 11–12. – С. 20–21.
7. Бутт Ю.М., Тимашев В.В. Практикум по химической технологии вяжущих материалов // Учеб. пос. для хим.-технол. спец. вузов. – М.: Высш. школа, 1973. – 504 с.
8. Определение белизны электротермофосфорного шлака и его смесей – как метод контроля количества добавок в безобжиговом щелочном вяжущем / А.А. Мухамедбаев, А.А. Тулаганов, Х.Х. Камилов, А.А. Мухамедбаев, Я.М. Яичников // Химия и химическая технология. – 2014. – № 3. – С. 16–19.
9. Bindemittel mit wenig Portlandklinker auf Basis von Industrieabfallen / Kh. Kamilov, A. Mukhamedbaev, A. Tulaganow, M. Khasanova, T. Nizamov, A. Mukhamedbaev // 19. International Baustofftagung “Ibausil” (16.-18. Sept.), Weimar. Bundesrepublik Deutschland. – Band 2. – SS. 851–856.
10. Исследование процесса помола малоклинкерных шлаковых вяжущих в шаровой мельнице / М.К. Хасанова, Х.Х. Камилов, Д.С. Закиров, А.А. Мухамедбаев // “Биолярнинг энергия самарадорлигини ошириш ва курилиш физикасининг долзарб муаммолари”. Респуб. илмий – техник анжумани матер. Самарканд, 2015 йил 14–15 май. – СамДАКИ нашри, 2015. 129–131 б.

11. Исследование процесса помола энергосберегающих малоклинкерных вяжущих с помощью математического планирования эксперимента / А.А. Тулаганов, Х.Х. Камиллов, А.А. Мухамедбаев, Аг.А. Мухамедбаев // Теория и практика повышения эффективности строительных материалов: материалы X Междунар. конф. молодых ученых / под общ. ред. М.О. Коровкина. – Пенза: ПГУАС, 2015. – С. 121–124.

12. Заявка IAP 20140237 UZ. Способ определения тонкости помола / Мухамедбаев А.А., Тулаганов А.А. и др. (ТАСИ) / Заяв.: 11.06.2014; Оpub.: 31.12.2015. Бюл. № 12. – URL: <http://baza.ima.uz/#about>

13. Критерий определения тонкости помола материалов / А.А. Мухамедбаев, Х.Х. Камиллов, А.А. Тулаганов, Аг.А. Мухамедбаев, Т.Ж. Пиримов // Актуальные проблемы химической технологии: материалы республиканской науч.-практ. конф., 8–9 апреля 2014. – Бухоро: БухИТИ, 2014. – С. 100–101.

14. Мухамедбаев Аг.А., Тулаганов А.А. Исследование водной среды хранения минеральных вяжущих систем // Умидли кимёгарлар-2017: сб. тр. XXVI науч.-техн. конф., 18–21 апрель. – ТХТИ, 2017. – С. 83–84.

15. Руководство по тепловлажностной обработке бетонных и железобетонных изделий. – М.: Стройиздат. 1974. – 32 с.

References

1. Khodakov G.S. Fine grinding of building materials. Moscow, Stroizdat, 1972, 237 p.
2. Avvakumov Ye.G. Mechanical methods of activation of chemical processes. 2nd ed. Novosibirsk, Nauka, 1986, 303 p.
3. Dshko Y.I., Kreimer M.B., Krykhtin G.S. Crushing of materials in the cement industry. 2nd ed. Moscow, Stroizdat, 1966, 270 p.
4. Nikolayenko E.A. Vliyaniye mekhanoaktivatsii neorganicheskikh vyazhushchih veshchestv na kachestvennoye izmeneniye prochnostnykh harakteristik betonnykh izdelij [The way mechanic activation of inorganic binding substances realizes the improvement of strength properties of concrete products]. *Proceedings of Universities. Investment. Construction*, 2011, no. 1 (1), pp. 107-117.
5. Kozlova V.K., Shkrobko E.V., Malova E.Yu., Afankov A.N., Konshin V.V. Sostoyaniye i perspektivy razvitiya proizvodstva mnogokomponentnykh maloklinker-nykh vyazhushchih veshchestv [Status and prospects of production multicomponent little clinker astringents]. *Polzovnoskiy vestnik*, 2014, no. 1, pp. 72-75.
6. Yermakovskiy V.N., Shkolnik Y.Sh. Composite little clinker binders. *Concrete Technologies*, 2009, no. 11-12, pp. 20-21.
7. Butt Yu.M., Timashev V.V. Praktikum po himicheskoy tekhnologii vyazhushchih materialov [Workshop on the chemical technology of binders]. Moscow, Vysshaia shkola, 1973, 504 p.
8. Mukhamedbaev Ag.A., Tulaganov A.A., Kamilov Kh.Kh., Mukhamedbaev A.A., Yaichnikov Ya.M. Determination of whiteness of electrothermophosphor slag and its mixtures as a method for controlling the amount of additives in an unburnt alkaline binder. *Chemistry and chemical technology*, 2014, no. 3, pp. 16-19.
9. Kamilov Kh., Mukhamedbaev A., Tulaganov A., Khasanova M., Nizamov T., Mukhamedbaev A. Bindemittel mit wenig Portlandklinker auf Basis von Industrieabfallen // 19. International Baustofftagung “Ibausil” (16.-18. Sept.), Weimar. Bundesrepublik Deutschland. Band 2. SS. 851-856.

10. Khasanova M.K., Kamilov Kh.Kh., Zakirov D.S., Mukhamedbaev Ag.A. Research of process of grinding low-clinker slag binding materials in ball mill. *Actual problems of building physics and energy efficiency of buildings. Materials of the repub. scien. and techn. conf.* Samarkand, 2015. 14-15 may. SamSACEI, 2015, pp. 129-131.

11. Tulaganov A.A., Kamilov Kh.Kh., Mukhamedbaev A.A., Mukhamedbaev Ag.A. Issledovanie processa pomola ehnergosberegayushchih maloklinkernykh vyazhushchih s pomoshch'yu matematicheskogo planirovaniya ehksperimenta [The study of the process of energy saving grinding malecentric binders using mathematical planning of the experiment]. *Theory and practice of increase of efficiency of construction materials: materials of X International conference of young scientists.* Penza: PSUAC, 2015, pp. 121-124.

12. Application IAP 20140237 UZ. Method for determining the fineness of grinding / Mukhamedbaev A.A., Tulaganov A.A. and etc. (TACI) / Stated.: 11.06.2014; Published.: 31.12.2015. Bull. № 12. <http://baza.ima.uz/#about>

13. Mukhamedbaev A.A., Kamilov Kh.Kh., Tulaganov A.A., Mukhamedbaev Ag.A., Pirimov T.Zh. Criterion for determining the fineness of grinding materials. *Actual problems of chemical technology. Materials of the republican scientific and practical conference on April 8-9, 2014.* Bukhara, BukhETI, 2014, pp. 100-101.

14. Mukhamedbaev Ag.A., Tulaganov A.A. Study of the aquatic environment of storage of mineral binders. *Proceedings of the XXVI scientific and technical conference "Umidli kimegarlar -2017"*, 18-21 aprel, TChTI, 2017, pp. 83-84.

15. Guidelines for heat and moisture treatment of concrete and reinforced concrete products. Moscow, Stroiizdat, 1974. 32 p.