



ҚҰРҒАҚ ҚҰРЫЛЫС ҚОСПАЛАРЫНЫҢ ҚҰРАМЫНДА ЖЭС ҰШАТЫН КҮЛІН ҚАЙТА ӨНДЕУ ЖӘНЕ ТИІМДІ ПАЙДАЛАНУ

РЕЦИКЛИНГ И ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛЫ-УНОСА ТЭЦ В СОСТАВЕ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

RECYCLING AND EFFICIENT USE OF THERMAL POWER PLANT FLY ASH AS PART OF DRY BUILDING MIXES

Ж.М. Омаров ¹, А.Н. Жаканов ^{2*}, Л.Л. Булыга ¹, Ө.И. Байтұрсынов ³,
А.А. Ахметова ¹

¹Торайғыров университеті, Павлодар, Қазақстан

²Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті, Астана, Қазақстан

³М.О. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университетінің колледжі,
Шымкент қ., Қазақстан

*Жауапты автор: А.Н. Жаканов, e-mail: zhakanov888@mail.ru

Түйінді сөздер:

Ұшатын күл, құрғақ
құрылыс қоспалары,
толтырғыш,
суперпластификатор,
байланыстырғыш.

ТҮЙІНДЕМЕ

Бұл жұмыс тас қалау ерітінділеріне арналған құрғақ құрылыс қоспаларының (ҚҚҚ) құрамдас бөлігі ретінде жылу электр станцияларының (ЖЭС) күлді пайдалану мүмкіндігін зерттейді. Оның ерітінділердің беріктігі мен реологиялық сипаттамаларына әсері, сонымен қатар пайдаланудың экономикалық және экологиялық орындылығы талданады.

Құрғақ құрылыс қоспаларының құрамында жылу электр станцияларының күлін пайдаланудың тиімділігін анықтау, оңтайлы құрамдарды әзірлеу және олардың құрылыс материалдарының технологиялық, механикалық және пайдалану қасиеттеріне әсерін бағалау.

Негізгі материалдар цемент, кварц құмы, жылу электр станцияларының күлі, әк-карбонатты шаң (СКД) және «Полипласт СП-3» суперпластификаторы болды. Эксперименттік зерттеу цемент шығыны, күл-әк бөлігінің көлемдік концентрациясы, су-цемент қатынасы және суперпластификатордың мөлшері сияқты ерітінді құрамының параметрлерін өзгертуді қамтитын математикалық жоспарлауды қолдану арқылы жүзеге асырылды. 28 күндік жаста ерітінділердің қозғалғыштығы (ерітінді конусының таралуы) және беріктігінің көрсеткіштері зерттелді.

Зерттеу көрсеткендей, цемент пен цемент-әк ерітінділерінің құрамына күлді енгізу олардың беріктік сипаттамаларын сақтай отырып немесе жоғарылату кезінде цемент шығынын 30-50 кг/м³ азайтуға көмектеседі. Күлдің оңтайлы мөлшері байланыстырғыштың жалпы мөлшерінің 40-60 % құрайды, бұл жақсы қозғалғыштығын және ерітінділердің минималды бөлінуін қамтамасыз етеді. Күлді және суперпластификаторды біріктіріп құрғақ құрылыс қоспаларының құрамдас бөлігі ретінде жылу электр станцияларының күлін пайдалану цемент пен әктің бір бөлігін тиімді ауыс-



тыруға, ерітінділердің құнын төмендетуге және қоршаған ортаға теріс әсерді азайтуға мүмкіндік береді. Күлді ерітінділердің оңтайлы құрамы құрылыс талаптарына сәйкес келетін жоғары өнімділік сипаттамаларын қамтамасыз етеді.

Ключевые слова:

Зола-унос, сухие
строительные смеси,
наполнитель,
суперпластификатор,
вяжущие вещества.

АННОТАЦИЯ

В данной работе исследуется возможность использования золы-уноса тепловых электростанций (ТЭС) в качестве компонента сухих строительных смесей (ССС) для кладочных растворов. Анализируются ее влияние на прочностные и реологические характеристики растворов, а также экономическая и экологическая целесообразность применения.

Определение эффективности использования золы-уноса тепловых электростанций в составе сухих строительных смесей, разработка оптимальных рецептур и оценка их влияния на технологические, механические и эксплуатационные свойства строительных материалов.

В качестве основных материалов использованы цемент, кварцевый песок, зола-уноса ТЭС, известково-карбонатная пыль (ИКП) и суперпластификатор «Полипласт СП-3». Экспериментальное исследование проводилось с применением математического планирования, включающего варьирование параметров состава растворов, таких как расход цемента, объемная концентрация зольно-известковой части, водоцементное отношение и содержание суперпластификатора. Изучались показатели подвижности (расплав растворного конуса) и прочности растворов в возрасте 28 суток.

Исследование показало, что введение золы-уноса в состав цементных и цементно-известковых растворов способствует снижению расхода цемента на 30-50 кг/м³ при сохранении или повышении их прочностных характеристик. Оптимальное содержание золы-уноса составляет 40-60 % от общего количества вяжущего, что обеспечивает хорошую подвижность и минимальное расслоение растворов. Совместное применение золы-уноса и суперпластификатора улучшает удобоукладываемость без значительного увеличения водоцементного отношения.

Использование золы-уноса ТЭС в качестве компонента сухих строительных смесей позволяет эффективно заменить часть цемента и извести, снизить себестоимость растворов и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду. Оптимальные составы растворов с золой-уносом обеспечивают высокие эксплуатационные характеристики, соответствующие строительным требованиям.

Keywords:

Fly ash, dry building
mixtures, filler,
superplasticizer, mortars.

ABSTRACT

In this paper, the possibility of using fly ash from thermal power plants (TPPs) as a component of dry building mixtures (SCS) for masonry mortars is investigated. Its effect on the strength and rheological characteristics of mortars, as well as the economic and environmental feasibility of the application, are analyzed.

Determination of the efficiency of the use of ash entrainment of thermal power plants in the composition of dry building mixtures, development of optimal formulations and assessment of their impact on the technological, mechanical and operational properties of building materials.



Cement, quartz sand, thermal power plant fly ash, lime-carbonate dust (IKP) and Polyplast SP-3 superplasticizer are used as the main materials. The experimental study was carried out using mathematical planning, including varying the parameters of the composition of mortars, such as cement consumption, volume concentration of ash-lime part, water-cement ratio and superplasticizer content. The indicators of mobility (blurring of the solution cone) and strength of solutions at the age of 28 days were studied.

The study showed that the introduction of fly ash into the composition of cement and cement-lime mortars helps to reduce cement consumption by 30-50 kg/m³ while maintaining or increasing their strength characteristics. The optimal content of fly ash is 40-60% of the total amount of binder, which ensures good mobility and minimal stratification of solutions. The combined use of fly ash and superplasticizer improves workability without significantly increasing the water-cement ratio.

The use of TPP fly ash as a component of dry building mixtures makes it possible to effectively replace part of cement and lime, reduce the cost of mortars and reduce the negative impact on the environment. Optimal compositions of solutions with fly ash provide high performance characteristics that meet construction requirements.

КІРІСПЕ

Табиғи ресурстарды ұтымды пайдалануға ұмтылу және қоршаған ортаға техногенді әсерді азайту жағдайында өнеркәсіптік қалдықтарды құрылыс материалдарын өндіруге тарту ерекше өзектілікке ие. Перспективалы бағыттардың бірі Павлодар облысының жылу электр станцияларында (ЖЭО) өндірілетін ұшатын күлін, атап айтқанда, құрғақ құрылыс қоспалары құрамында Павлодар қаласының ЖЭО-2 пайдалану болып табылады.

Құрғақ құрылыс қоспалары (ҚҚҚ) бүгінде құрылыста олардың жан-жақтылығына, пайдалану жеңілдігіне және сапасының жоғары болуына байланысты маңызды рөл атқарады. Оларды қалау, әшекейлеу, жөндеу және жылу оқшаулау үшін пайдаланады. Жиналмалы қоспалар құрылыс процестерінің тиімділігін едәуір арттырып, еңбек шығындарын азайтады.

ҚҚҚ қазақстандық нарығында дамып келе жатыр, бірақ өсіп келе жатқан сұранысты әлі толық қанағаттандыра алмай отыр. Негізгі тежеуші факторлар жергілікті шикізатты жеткіліксіз пайдалану және арзан өнім сегментіне назар аудару болып табылады. Бұл ретте, негізінен, сапалы және бәсекеге қабілетті қоспалар импортталады.

Бұл мақала ұшатын күлімен көрсетілген қасиеттері бар ҚҚҚ құрамын дамытуға арналған.

Әдеби шолу. Экологиялық таза және энергия тиімді құрылыс материалдарына өсіп келе жатқан қажеттілік жағдайында құрғақ құрылыс қоспаларының құрамында ұшатын күлі сияқты техногендік қалдықтарды пайдалану мүмкіндігіне ерекше назар аударылады. ЖЭО күлін қайталама минералды шикізат ретінде пайдалану портланд цементінің шығынын азайтып қана қоймай, қоспалардың кейбір өнімділік сипаттамаларын едәуір жақсартуға мүмкіндік береді (Ravindrarajah & Tam, 1989; Thomas & Harilal, 2015; Li, Pour-Ghaz, & Castro, 2021).

Ларионов (2021), Ларина және Китаев (2020), Китаев (2019) сияқты авторлар жүргізген соңғы зерттеулер ұшатын күлінің физикалық-химиялық қасиеттерін және оның аязға төзімділігін, қозғалғыштығын, суды ұстап қалу қабілетін қоса алғанда, цемент жүйелерінің қасиеттеріне әсерін зерттеуге арналған. Олар күлдің майда шашыраңқы



құрылымы ылғалдану процестерінің қарқын алуына ықпал етіп, поццоландық белсенділікті арттыратынын атап өтеді (Larionov, 2021; Larina & Kitaev, 2020; Kitaev, 2019; Belousov, 2021).

Атап айтқанда, Маслехуддин, Әл-Мана, және Шәмем (1997), Равиндрараджа және Там (1989), және Томас пен Харилал (2015) жүргізген шетел зерттеулері композиттік құрылыс құрамында ұшатын күлін пайдаланудың орындылығын растайды, әсіресе сапалы цементке қол жетімділігі шектеулі аймақтарда. Авторлар қалау және гипс қоспаларын өндіруде күлдің тиімділігі жоғары екенін көрсетіп, қоспаның оңтайлы мөлшері 30-дан 50%-ға дейін (Maslehuddin et al., 1997; Thomas & Harilal, 2015; Arel, 2022).

Абдуллаевтың (2022) және Садықова мен Корчагинаның (2020) еңбектері минералды қоспалардың беріктігі мен құрғақ қоспалардың суға төзімділігіне әсерін зерттеуге арналған. Ұшатын күлі мен суперпластиканы біріктіріп пайдалану цемент үлесінің азаюына байланысты беріктіктің төмендеуін өтей алатыны анықталды. Осы орайда Рахымов пен Салахов (2023) цементті байланыстырғыштардың құрылымы мен өнімділігін арттырудағы минералды қоспалардың рөлін ерекше атап өтті.

Нормативтік құжаттар, оның ішінде ҚР СТ 1168-2006 (2006) құрғақ құрылыс қоспалары мен олардың компоненттеріне, оның ішінде күлге қойылатын сапаға қойылатын талаптарды реттейді. Осы стандарттар бойынша бос әктің, күкірт оксидтерінің, кремнийдің құрамы, ажарлау дәрежесі сияқты сипаттамалар ерекше маңызды (ST RK 1168-2006, 2006).

Бұдан басқа, зерттеушілер Сиддике (2003), Сингх және Сиддике (2020), және Чиндапрасирт, Рукзон, Сириватнанон (2008) зерттеушілері күл дисперсиясының цемент тас құрылымына әсерін зерттеді. Олар жеткілікті ажарлау майдалығы мен су-цемент арақатынасын дұрыс таңдаған жағдайда беріктік пен агрессивті ортаға төзімділіктің едәуір артуына қол жеткізуге болады деген қорытындыға келді (Siddique, 2003; Singh & Siddique, 2020; Chindaprasirt et al., 2008).

Осылайша, қолданыстағы ішкі және халықаралық практика құрғақ құрылыс қоспаларының тиімді құрамдас бөлігі ретінде шыбын күлінің әлеуетін растайды, бұл өнімнің техникалық және экологиялық көрсеткіштерін жақсартуға ықпал етеді. Алайда құрауыштардың ұтымды арақатынасын таңдау құрылыс жүйелерінің нақты түрлеріне қойылатын талаптарды ескере отырып, құрамды эксперименттік оңтайландыруды талап етеді.

ЗЕРТТЕУ МАТЕРИАЛДАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ

Күл қоспасының композиттік байланыстырғыштың қасиеттеріне әсерін зерттеу үшін мынадай материалдар қолданылды:

1. Техникалық материалдар

- М-400 сортты Портланд цементі;
- Беткі қабатының үлестік ауданы – 3300 см²/г;
- тығыздығы – 3100 кг/м³;
- Сығымдағыш күш – 28-ші күні 52,6 МПа;
- флексурлық беріктік – 6,2 МПа;
- Басталу уақытын белгілеу – 2 сағат 15 минут.

2. Техногендік материалдар

- Бұрын майдалап ұнтақталған көмір мен антрацит жағу арқылы алынған Павлодар қаласының ЖЭО-2 ұшатын күлі:

- 25-30 минут ажарлаудан кейінгі беттің нақты ауданы – 500 м²/кг астам;
- СаО мазмұны – 5 %-дан кем;
- Басым компоненттері қышқыл оксидтер (SiO₂ және Al₂O₃).



3. Табиғи материалдар

- Карьер құмы :

- Шын тығыздығы – 2,65 г/см³;

- өлшем модулі — 1,78;

- Саз және тозаң тәрізді бөлшектердің құрамы салмағы бойынша 0,7% құрайды.

- Майқайың әк зауыты ЖШС шығаратын Quicklime :

- CaO мазмұны – 49 %;

- SiO₂ мазмұны - 8,5 %;

- Кеуектілік – 17,1 %;

- Сығымдағыш беріктік – 3,93 МПа

Зерттеу әдіснамасы

1. Компоненттер қажетті ұсақтау майдалығына қол жеткізгенге дейін зертханалық шарлы диірменде ұсақталады.

2. Беттің нақты ауданы тығыздалған ұнтақ қабатының ауа өткізу принципі бойынша жұмыс істейтін ПМК-500 құрылғысының көмегімен бағаланды.

3. Байламды дайындау компоненттерді құрғақ күйде мұқият араластыру арқылы жүзеге асырылды.

4. Поццоландық белсенділікті талдау ұшатын күлінің кальций тотығының гидратымен өзара әрекеттесуі және ерімейтін гидросиликат пен гидроалюминат қосылыстарының түзілуі негізінде жүргізілді.

Зерттеуге зертханалық шарлы диірмендегі қоспаны ажарлау кірді, ал ажарлау дәрежесі тығыздалған қабаттың ауа өткізу принципіне негізделген ПМК-500 құрылғысының көмегімен анықталды. Алынған нәтижелер аморфты компоненттердің кальций оксиді гидратымен химиялық реакцияға түсіп, байланыстырушы заттың беріктік сипаттамаларын жақсартатын ерімейтін қосылыстар түзу қабілетіне байланысты ұшатын күлінің айқын поццоландық белсенділігі бар екенін көрсетті.

НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

Бұл зерттеулер математикалық эксперименттік дизайнды пайдалана отырып жүргізілді. Төменде кварц құмындағы қалау минометтерін (1-кесте), сондай-ақ сілкіну сатысындағы ерітінді конусын балқытудың алынған математикалық модельдерін зерттеу кезінде экспериментті жобалау шарттары, мм (1) және минометтің сығымдалған беріктігі 28 тәулік. R28, МПа (2).

1-кесте. Шешімдерді зерттеу кезінде экспериментті жоспарлау шарттары

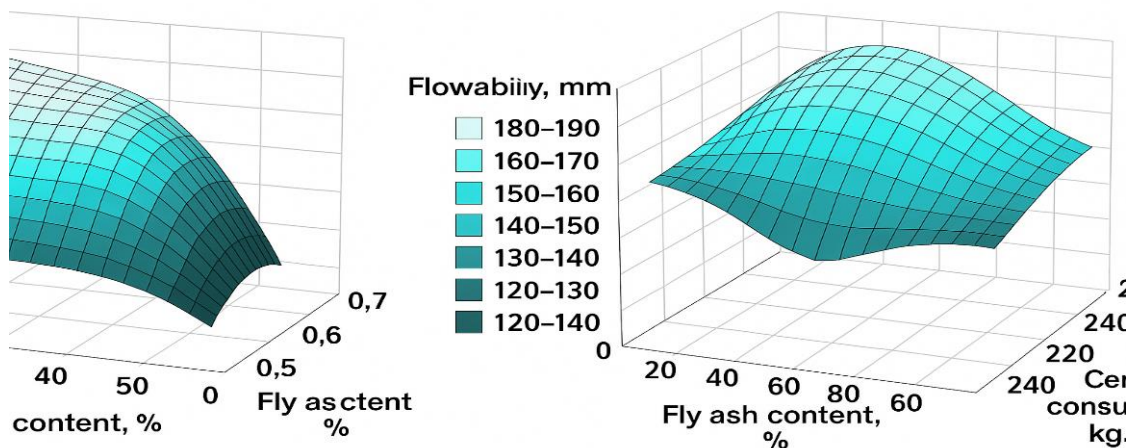
Фактор, түрі		Деңгейлер Вариация			Интервал Вариация
табиғи	кодталған	-1	0	+1	
суперпластикасының мазмұны SP-3, % (C+Z+IKP)	X ₁	0,3	0,5	0,7	0,2
Күл-әк бөлігінің байламдағы көлемдік концентрациясы, %	X ₂	20	40	60	20
Цемент шығыны C, kg/m ³	X ₃	200	270	340	70
қатынасы V/(C+Z+IKP)	X ₄	1,00	0,80	0,60	0,10
Ескерту: авторлар құрастырған					



$$RK = 161,2 + 18,5X_1 + 9,3X_2 - 5,33X_3 + 27,2X_4 - 5,6X_1^2 - 8,05X_2^2 - 7,1X_3^2 + 16,35X_4^2 + 9,6X_1X_2 + 7,7X_1X_3 + 6,1X_1X_4 + 6,4X_2X_4 - 1,1X_3X_4; \quad (1)$$

$$R_{28} = 14,4 + 5,1X_2 + 5,07X_3 - 3,67X_3 + 0,26X_1^2 - 3,54X_2^2 - 3,16X_3^2 - 1,03X_4^2 - 1,51X_1X_2 - 1,57X_1X_3 - 1,24X_1X_4 - 1,19X_2X_4 + 3,1X_3X_4. \quad (2)$$

Цемент-күл қалаушы ерітінділердің қозғалғыштығы мен беріктігіне технологиялық факторлардың әсер ету сипаты 1 және 2-суреттерде келтірілген. Көріп отырғаныңыздай, оның айқын квадратикалық сипаты бар.



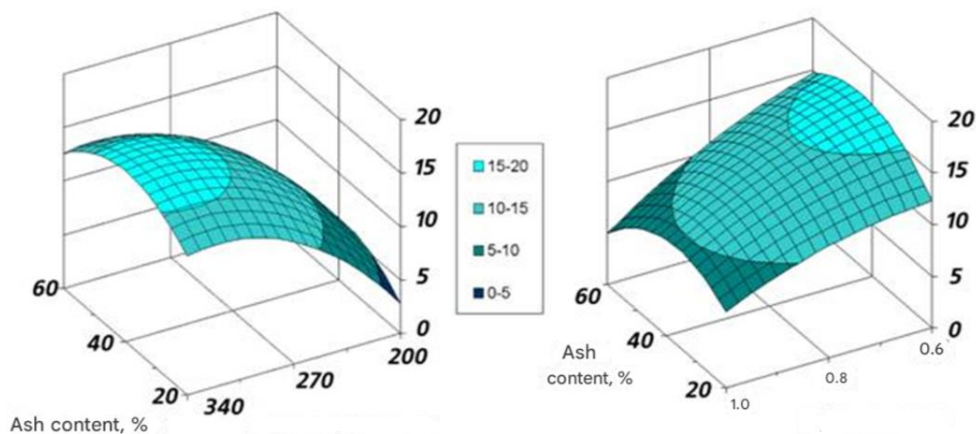
1-сурет. Ерітіндінің қозғалғыштығына технологиялық факторлардың әсері
(конустың таралуы, мм, $H/(C+W) = 0,8$)

Ескерту: авторлар құрастырған

Ұтқырлық теңдеуінде, сіз күткендей, ең елеулі әсер су-байламдардың арақатынасы және аса пластификаторды тұтыну болып табылады. Алайда күл-эк-карбонат компонентінің пластификатталу әсері де сезіледі, ал цемент шығынының барлық диапазонында 60 %-ға жақындаған кезде ерітіндінің қозғалғыштығы аздап өзгереді, сондықтан 50-60 % толтыру дәрежесін ерітіндінің қозғалғыштығына әсер ету тұрғысынан оңтайлы деп санау керек. Сондай-ақ суперпластика мен толтырғыштың жоғары буындық әсерін атап өтуге болады. Цемент шығынының 300 кг/м³-ден жоғары ұлғаюы қозғалғыштықтың айтарлықтай төмендеуіне, басқа да нәрселердің тең болуына әкеледі.

Модельдің өзара әрекеттесуін талдау (1) цемент пен байланыстырғыш мөлшерінің су байланыстыру коэффициентінің ұлғаюымен үйлесімде ұлғаюы кезінде қозғалғыштықтың аздап төмендегенін көрсетеді. Ерітінді қоспаларының қозғалғыштығына суперпластиктер мен толтырғыштар, суперпластиктер мен цемент шығынының бірлескен ұлғаюы оң әсер етеді.

Беріктіктің математикалық моделін талдау (2) вариация аймағында цемент пен байланыстырушы зат шығынының ұлғаюы беріктікке, басқа нәрселердің тең болуына әр түрлі әсер етеді деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Ерітінді қоспасындағы цемент пен байланыстырушы заттардың мөлшері артқан сайын «сөніп қалады» деген оң әсер бар. Су-байланыстырушы коэффициенттер жоғары болған кезде, максималды агрегаттық тұтыну және ЖМ орташа тұтыну кезінде цементті максималды тұтыну кезінде беріктіктің төмендеуі де мүмкін.



2-сурет. Технологиялық факторлардың беріктікке әсері, МПа
(СП-3 тұтыну кезінде = 0,5%)

Ескерту: авторлар құрастырған

Бұл азаюды күш пен капиллярлық кеуектіліктің өзара байланысымен түсіндіруге болады. Байланыстырғыштың ең көп құрамы бар қоспалар судың мөлшері жоғары, бұл тұрақты C/V кезінде кеуектіліктің артуына және беріктіктің төмендеуіне әкеледі. Бұдан басқа, цемент пастасының көлемі бойынша беріктігі әдетте «цемент қамыры — құм» түйіспе қабатының беріктігінен төмен болғандықтан, онда белгілі бір сәттен бастап қамыр мөлшерінің артуымен құрылым оптималды болып, беріктігі төмендейді.

Өрлендіргіштің (толтырғыштың) беріктікке әсері бірімәнді емес.. Басқалары тең, оны тұтытуда 40-50 % максималды беріктік байқалады. Күл-эк-карбонат толтырғышын пайдалану тиімділігі цемент шығынының өзгерістерінің барлық диапазонында шамамен бірдей және аса пассивті өлшегіштің шығысына және су байланыстырғыштың арақатынасына біршама тәуелді. Осылайша, толтырғышты енгізген кезде байланыстырушы заттар шығынының 30-50% көлемінде беріктіктің артуы барлық аса пластификаторлық тұтыну кезінде байқалады, бірақ ол оны тұтынудың ұлғаюы кезінде едәуір айқын көрінеді. Суға төзімділік коэффициентінің артуы толтырғыштың оң әсерінің аздап төмендеуіне әкеледі, бірақ ол әлі де айтарлықтай байқалады (30-50 %).

Сөйтіп, ұшатын күлін ҚҚҚ құрамына суперпластикатормен және эк-карбонат шаңымен бірге енгізу олардың реологиялық қасиеттерін жақсартуға көмектеседі, ылғалдануды тездетеді, қоспалардың құрылым түзілуіне ықпал етеді. Күл шығыны 30-50% байланыстырушы күш болған жағдайда цемент-күлді ерітінділердің беріктігінің артуы атап өтіледі. Сондықтан осы құрамдағы қалаушы ерітінділерге арналған ҚҚҚ өндірісі айтарлықтай мақсатқа лайықты.

ҚОРЫТЫНДЫ

Ұсыныс. Павлодар облысының ЖЭО-да пайда болған ұшатын күлін құрғақ құрылыс қоспаларын өндіруде белсенді минералды қоспа ретінде пайдалануды ұсынады. Бұл портланд цементтің тұтынуын азайтуға және өндірістің экологиялық көрсеткіштерін жақсартуға мүмкіндік береді.

МҮДДЕЛЕР ҚАЙШЫЛЫҒЫ: Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп жариялайды.

ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ПАЙДАЛАНУ ТУРАЛЫ ХАБАРЛАМА: Авторлар тобы бұл мақаланы дайындау барысында генеративті жасанды интеллектіні пайдаланған жоқ.



ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- Arel, H. Ş. (2022). The effects of fly ash fineness on mechanical properties and durability of cement mortars. *Materials Research Express*, 9(4), 045506. <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ac5e18>
- Chindaprasirt, P., Rukzon, S., & Sirivivatnanon, V. (2008). Resistance to chloride penetration of blended Portland cement mortar containing palm oil fuel ash, rice husk ash and fly ash. *Construction and Building Materials*, 22(5), 932–938.
- Li, W., Pour-Ghaz, M., & Castro, J. (2021). Improved durability of concrete containing supplementary cementitious materials. *Construction and Building Materials*, 271, 121552. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121552>
- Maslehuddin, M., Al-Mana, A. I., & Shameem, M. (1997). Effect of cementitious materials on the properties of concrete. *Cement and Concrete Research*, 27(2), 147–155.
- Ravindrarajah, R. S., & Tam, C. T. (1989). Utilization of fly ash in concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 1(2), 112–121.
- Siddique, R. (2003). Effect of fine aggregate replacement with class F fly ash on the mechanical properties of concrete. *Cement and Concrete Research*, 33, 539–547.
- Singh, M., & Siddique, R. (2020). Strength properties and micro-structural behavior of carbonated concrete containing industrial by-products. *Journal of Cleaner Production*, 257, 120563. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120563>
- Thomas, J., & Harilal, B. (2015). Strength and durability properties of concrete containing fly ash and silica fume. *Materials Today: Proceedings*, 2, 1339–1345.
- Абдуллаев, Р.А. (2022). Исследование влияния минеральных добавок на водостойкость и адгезию штукатурных растворов. *Архитектура и строительство*, (4), 53–58. // Abdullayev, R.A. (2022). Issledovanie vliyaniya mineral'nykh dobavok na vodostoykost' i adgezuyu shtukaturnykh rastvorov [Study of the effect of mineral additives on water resistance and adhesion of plaster mortars]. *Arkhitectura i stroitel'stvo*, (4), 53–58. (In Russ.)
- Белоусов, А.Н. (2021). Пуццолановые добавки на основе золы-уноса в бетоне. *Известия вузов. Строительство*, (6), 45–49. // Belousov, A.N. (2021). Putstsolanovye dobavki na osnove zoly-unosa v betone [Pozzolanic additives based on fly ash in concrete]. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*, (6), 45–49. (In Russ.)
- Китаев, А.А. (2019). Композиционные материалы с использованием золы-уноса: технология и свойства. *Современные строительные материалы*, (6), 38–42. // Kitaev, A.A. (2019). Kompozitsionnye materialy s ispol'zovaniem zoly-unosa: tekhnologiya i svoystva [Composite materials using fly ash: technology and properties]. *Sovremennye stroitel'nye materialy*, (6), 38–42. (In Russ.)
- Ларина, Л.А., & Китаев, А.А. (2020). Влияние золы-уноса на свойства сухих строительных смесей. *Вестник строительной науки и техники*, 12(3), 44–49. // Larina, L.A., & Kitaev, A.A. (2020). Vliyanie zoly-unosa na svoystva sukhikh stroitel'nykh smesey [Effect of fly ash on the properties of dry construction mixtures]. *Vestnik stroitel'noy nauki i tekhniki*, 12(3), 44–49. (In Russ.)
- Ларионов, С.И. (2021). Повышение пуццолановой активности золы-уноса ТЭЦ при применении в составе цементных систем. *Строительные материалы*, (5), 22–25. // Larionov, S.I. (2021). Povishenie putstsolanovoy aktivnosti zoly-unosa TEC pri primenenii v sostave tsementnykh sistem [Enhancement of pozzolanic activity of fly ash from CHPPs in cement systems]. *Stroitel'nye materialy*, (5), 22–25. (In Russ.)
- Рахимов, Р.З., & Салахов, А.А. (2023). Структурообразование вяжущих с минеральными техногенными добавками. *Строительные материалы*, (2), 34–37. // Rakhimov, R.Z., & Salakhov, A.A. (2023). Strukturnoobrazovanie vyazhushchikh s mineral'nymi tekhnogennymi dobavkami [Structure formation in binders with mineral technogenic additives]. *Stroitel'nye materialy*, (2), 34–37. (In Russ.)



- Садыкова, Н.Ш., & Корчагина, Е.А. (2020). Использование золы-уноса в сухих строительных смесях. Вестник КазНИИСА, (2), 67–70. // Sadykova, N.Sh., & Korchagina, E.A. (2020). Ispol'zovanie zoly-unosa v sukhikh stroitel'nykh smesjakh [Use of fly ash in dry construction mixtures]. Vestnik KazNIISA, (2), 67–70. (In Russ.)
- СТ РК 1168-2006 (2006). Смеси сухие строительные. Общие технические условия. Астана: Комитет технического регулирования и метрологии. // ST RK 1168-2006. (2006). Smessi sukhie stroitel'nye. Obshchie tekhnicheskie usloviya [Dry construction mixtures. General technical requirements]. Astana: Komitet tekhnicheskogo regulirovaniya i metrologii. (In Russ.)

Авторлар туралы мәліметтер
Информация об авторах
Information about authors



Омаров Жумабек Мухтарович – техника ғылымдарының кандидаты, Торайғыров университеті, Павлодар, Қазақстан
Омаров Жумабек Мухтарович – кандидат технических наук, Торайғыров университет, г. Павлодар, Казахстан
Omarov Zhumabek Mukhtarovich – Candidate of Technical Sciences, Toraigyrov University, Pavlodar, Kazakhstan,
e-mail: zhumabek-omarov@mail.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1108-9509>



Жаканов Алибек Нуржанович – PhD студенті, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті, Астана, Қазақстан
Жаканов Алибек Нуржанович – PhD студент, Евразийский Национальный Университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
Zhakanov Alibek Nurzhanovich – PhD student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
e-mail: zhakanov888@mail.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8747-3788>



Булыга Леонид Леонидович – техника ғылымдарының кандидаты, Торайғыров университеті, Павлодар, Қазақстан
Булыга Леонид Леонидович – кандидат технических наук, Торайғыров университет, г. Павлодар, Казахстан
Bulyga Leonid Leonidovich – Candidate of Technical Sciences, Toraigyrov University, Pavlodar, Kazakhstan
e-mail: Bulyga-Leonid@rambler.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8351-3087>



Байтұрсынов Өміртай Имантаевич – техника ғылымдарының магистрі, М.О. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университетінің колледжі, Шымкент қ., Қазақстан

Байтұрсынов Умиртай Имантаевич – магистр технических наук, Колледж при Южно-Казakhstanском государственном университете имени М. О. Ауэзова, Чимкент, Казахстан

Baitursynov Umirtai Imantaevich – Master of Technical Sciences, Lecturer, College at the South Kazakhstan State University M. O. Auezov, Shymkent, Kazakhstan

e-mail: omir1957@mail.ru,

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6553-7232>



Ахметова Айлин Армановна – техника ғылымдарының магистрі, Торайғыров университеті, Павлодар қ., Қазақстан

Ахметова Айлин Армановна – магистр технических наук, Торайғыров университет, г. Павлодар, Казахстан

Ailin Akhmetova Armanovna – Master of Technical Sciences, Toraigyrov University, Pavlodar, Kazakhstan,

e-mail: ailin.a.95@mail.ru,

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3070-090X>