

FTAMP 67.09.05

Е.Н. Нұғмансая¹ – негізгі автор, ©
Б.Т. Копжасаров², С.М. Моминова³,
С.Т. Дуйсенбаева⁴, Г.Т. Копжасарова⁵



¹Докторант, ²Техн. ғылым. канд., профессор, ³PhD, аға оқытушы,
⁴Техн. ғылым. канд., доцент, ⁵Аға оқытушы

ORCID

¹<https://orcid.org/0009-0002-0087-3912> ²<https://orcid.org/0000-0001-9163-2879>
³<https://orcid.org/000-0001-5005-9826> ⁴<https://orcid.org/0009-0009-4031-370X>
⁵<https://orcid.org/0009-0008-6735-0458>



^{1,2,3,5}М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,



Шымкент қ., Қазақстан

⁴М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз қ., Қазақстан

@

¹nugmansaya_e@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/LZFL3243>

КРЕМНИЙЛІ КОМПОНЕНТТЕР МЕН ОЛАРДЫҢ ГАЗДАЛҒАН БЕТОН ТҮРЛЕРІНЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Бұл мақалада жылу электр станцияларының күлін кремнийлі компоненттері ретінде зерттеу және олардың газдалған бетон түрлеріне әсері қарастырылады. Заманауи құрылыс жұмыстарының маңызды міндеттерінің бірі энергияны үнемдеу, сапасын көтеру және өндірілетін өнімдердің төзімділігін арттыру болып табылады. Бұл мәселелерді шешуге жылу электр станцияларының күлін пайдалана отырып, газдалған бетон өндірісін дамыту арқылы қол жеткізуге болады.

Тірек сөздер: газдалған бетон, ЖЭС күлі, әк, құм байланыстырғыш, кеуектілік, тығыздық, жылу өткізгіштік, беріктік.



Нұғмансая, Е.Н. Кремнийлі компоненттер мен олардың газдалған бетон түрлеріне әсерін зерттеу [Мәтін] / Е.Н. Нұғмансая, Б.Т. Копжасаров, С.М. Моминова, С.Т. Дуйсенбаева, Г.Т. Копжасарова // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №2(84). – Б.159-166. <https://doi.org/10.55956/LZFL3243>

Кіріспе. Энергияны үнемдеу бойынша шараларды жүзеге асыру үшін құрылыс жұмыстарының тәжірибесінде СНиП-П-3 жаңа нормативтік құжаттары қабылданған болатын және жылу өткізудің жобалық кедергісіне қойылатын талаптар үш есе жоғары нормативтік құжаттар қабылданған. Жаңа құрылыстық нормалар бойынша тұрғын үй тұрғызу кезінде сыртқы қабырғаның қалыңдығы мынадай болуы қажет: кірпіштен – шамамен 150 см, ал ұялты бетоннан – 38,5 см.

Алдыңғы жұмыстарда газдалған бетонның жылу өткізгіштігі неге байланысты екені айтылған болатын, одан бөлек газдалған бетонның жылудан қорғайтын қасиетін арттыру түйін және шылақ сияқты төменгі жылу өткізгіштікке тән компоненттерді дайындау кезінде қолдануға мүмкіндік беретіндігі де айтылған.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Әлемдегі жетекші компаниялардағы газдалған бетоннан жасалған бұйымдардың орташа тығыздығы 400-600 кг/м³ тең. Басқа да теңдей жағдайлардағы ұялы бетонның жылу өткізгіштігі құмда және күлде 1-кестеде көрсетілгендей әртүрлі болып келеді.

Кесте 1

Газдалған жеңіл бетонның құм және күлде жылу өткізгіштігі

№	Орташа тығыздық бойынша бетонның маркасы, кг/м ³	Бетонның құрғақ жағдайындағы жылу өткізгіштік коэффициенті Вт/м ^{°С} ,	
		құмда	күлде
1	400	0,10	0,09
2	500	0,12	0,10
3	600	0,14	0,13

Күлдегі 500 кг/м³ құрылымдық-жылу оқшаулағыш газдалған бетонның тығыздығы кезінде жылу өткізгіштік коэффициентін 0,02 Вт/м^{°С} дейін төмендету тұрғын үй құрылысында басқа тең жағдайларда салынған қабырғалардың қалыңдығын азайтуға мүмкіндік береді. Бұл әсіресе Астана және Алматы сияқты қалаларда көпқабатты үйлер салу кезінде тиімді.

Минералды қалдықтардың жалпы көлемінде маңызды орын алатыны ЖЭС күлдері және шлактары, олар ұялы бетон өндірісі үшін кремний шикізатының түрлерінің экономикалық көрсеткіш және техникалық қасиеттері бойынша ең пайдалыларының бірі болып табылады. Қазақстандағы ЖЭС бар аудандарда күл және шлактардың көп қорлары жиналған. Сондықтан Қазақстандағы күл және шлактарды жою мәселелері өзінің түбегейлі шешімін талап етеді. Осы мәселелерді шешу жолдарының бірі, ұялы бетон өндірісінде күл және шлактарды пайдалану болып табылады. Бүкіл әлемнің зауыттық тәжірибесінде, олар газдалған бетон өнімін өндіруде кеңінен қолданыс тапқан. Күлді пайдаға жарату мәселесін шешудің маңыздылығын түсіндіруде жақсы мысал болатыны Чехия мен Словакия, себебі мұнда кремний компоненті ретінде цемент қосылған күлді пайдаланады және 2:1 шамада аралас байланыстырғыш әк-цементті немесе әк қосылған цементті пайдаланады. Су пайдаланылған өнімдердің сапасын арттыру үшін цементке кәдімгі бетон өндірісіне қарағанда басқа талаптар қойылады [1]. Жан-жақты ғылыми зерттеулердің нәтижесінде, олар өте күрделі, бірақ үнемділік жағынан өте пайдалы мәселені шешеді.

Екібастұз күлдері бойынша зерттеулер талдауы, олардың газдалған бетонның пайдалану мүмкіндігі туралы тікелей қарама-қарсы пікірлер бар екендігін көрсетті. Осылайша, газдалған бетон бойынша зерттеулер авторы [2], Екібастұз кен орнындағы көмірді жағудан алынған Краснояр ЖЭО күлін пайдалана отырып, Екібастұз кен орнының көмірін жағудан алынған күлді газдалған бетонға пайдалану мүмкін емес деген қорытындыға келді.

Біздің Екібастұз көмірін жағудан алынған күлді зерттеуіміз химиялық құрамы Германияның Маза-Хенке фирмасында және Венгрияда күлге қойылатын талаптарға сәйкес келетінін көрсетті, ол 2-кестеде келтірілген.

Өнеркәсібі дамыған елдердегі өнеркәсіп қалдықтарын жою сатысы 15-40% құрайды, Ресейде бар-жоғы 3%, ал Қазақстан бойынша бұл көрсеткіш 1,4% тең [3].

ЖЭО күлдерін пайдалану – қоғамдық өндірістің тиімділігін арттырудың үлкен қоры болып табылады. Сонымен қатар, бұл экологиялық жағдайды салауаттандыру, жерді күл қалдықтарынан босату болып

есептеледі [4-5]. Қазақстанның ЖЭО орналасқан аумақтарында шамамен 179 млн. т күл және шлак жиналып қалған.

Кесте 2

Күлдердің химиялық құрамы

№	Елдер	Оксидтер құрамы, %				
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	n.n.n
1	Қазақстан	59,2	26,5	6,22	3,7	2,25
2	Германия Маза-Хенке	50,0	10-30	10,0	5,0	5,0
3	Венгрия	40,0	35,0	18,0	10,0	5,0

Құрылыс материалдарында күлді қолдану мәселелерімен көптеген зертханалар және институттар айналысады. Байланыстырғыш ретінде немесе байланыстырғыш бөлшегі ретінде, керамика, ауыр бетон, газдалған күлді-бетон өндірісі үшін шикізат ретінде күлді пайдалану бойынша көптеген зерттеулер жасалған.

Қазақстанның ЖЭС қатты отын ретінде әртүрлі көмірді пайдалана отырып, электр энергиясының негізгі бөлігін өндіреді. Алдағы жылдарда да ЖЭО-да электр энергиясын өндіру үрдісі жалғаса береді, яғни отынның минералдық бөлігін жағу кезіндегі күл мен шлақтың қалдықтар мөлшері арта беретін болады.

Көптеген зерттеушілердің жұмыстарында шлактар мен күлдер жіктелген, ол еңбектерде шаңды көмірдің күлінің қасиеті отынды жағудың негізгі ережесімен анықталады, сондай-ақ күлдің шыны және кристалдық фазаларының ара-қатынасы, шыны фазаның салыстырмалы құрамы неғұрлым көп болса, күлдің белсенділігі соғұрлым жоғары болатындығы дәлелденген [6].

Кейбір ғылыми еңбектерде ЖЭС күлін пайдалана отырып тиімді құрылыс материалдарын өндіру технологиясы, газдалған күлді бетонның сипаты, электр станциясы отынынан шыққан күлдің қасиеті, күлді бетон өндірісіндегі қолданылатын материалдарға қойылатын талаптар жазылған. Автоклавталған және автоклавталмаған газдалған күлді-бетоннан ірі денелі бұйымдарды өндіру тәжірибесі сипатталған, газдалған күлді бетонның зауытын жобалау тәжірибесінен мәліметтер келтіріліген, сондай-ақ технико-экономикалық көрсеткіштер жазылған [7].

Бірнеше ғалымдардың жасаған зерттеулерінде күлді бетон қоспаларына 50% дейін және цементтің мөлшерінен артық қосуға болатын мүмкіндікті көрсеткен.

Кейбір зерттеушілер, шымтезек пен тақтатастарды қоспағанда барлық күлдер белсенді емес, ал цементтің шығынын азайтуға белсенділігі аз күлдерді пайдалану кезінде қол жеткізуге болады деп санайды, олардың ойынша күлдің белсенділігінен емес, алынған бетонның тығыз құрылымына байланысты деп айтады [8].

НИИЖБ мәліметі бойынша күлді-бетондарда цементті 7% дейін үнемдеуге болады. Күлдің құрамы белсенділігі жоғары портландцементті пайдалану кезінде артуы мүмкін және бетонның аязға төзімділігі мен суға төзімділігін арттыратын қоспалар қатайтуды жеделдетуі мүмкін. Күлді автоклавты байланыстырғыш компонент ретінде пайдалану кезінде автоклавты өңдеуден кейінгі материалдың максималды төзімділігі $K_{осм}=0,8-1,2$ негізділік коэффициентімен шикізатты қоспаны қамтамасыз етеді.

Құрамында кальцийі жоғары күлдердің байланыстырғыш қасиеті клинкерлі минералдар, шиш пішінді фазалардың құны болып табылады және күлдің құрамында бос әктердің және ангидриттің қатысы болуына байланысты.

Газдалған бетон өндірісі үшін құрамында кальцийі көп күлдерді пайдалану, 5-25% бос кальций оксиді және 6% дейінгі ангидрит болғанда мүмкін деп саналады. Сондай-ақ, бос кальций оксиді күйдірілген жағдайында болады және баяу ылғалданып және ылғалдану көлемін ұлғайтумен сипатталады, ол деген газдалған бетоннан жасалған өнімнің пайдалану қасиетін төмендетеді. Бұл жағдайда автоклавты өңдеуге дейін күлдің құрамында болған, күйдірілген кальций оксидтің толықтай ылғалдануы үшін тиісті шаралар қарастырылуы қажет.

Күйдіріліген кальций оксидтің дер кезінде және теңдей қалыпта қамтамасыз етілуі үшін, Эстонияда тақтатас күлінде автоклавты газды бетон өндірісінде, күлді міндетті түрде майдалап ұнтақтау және өндірілгеннен кейін өнімді жоғары температурада ұстау қолданылады (80-90°C).

Газды бетонды автоклавты өңдеу барынша аралықты технологиялық әдіс болып табылады. Ол химиялық және минералогиялық әртүрлі құрамдағы шикізатты қолдануға және жоғары физико-механикалық қасиетті газды бетон алуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, қатайтудың автоклавсыз ереже автоклавты ережемен теңдей болып қана қоймай, сондай-ақ төзімді және беріктігі жоғары бетон алудың (Америка және Жапон елдерінде бумен пісірілген және табиғи қатайтылған газды бетондар бойынша зерттеулер қарқынды дамыған) әлеуетті мүмкіндігімен де асып түседі. Сонымен қатар, бұл цемент тастарының құрылымын қалыптастырудың ең қолайлы жағдайларын көрсетеді, әсіресе қатаюдың соңғы кезеңдерінде. Бумен пісіру және табиғи өңдеп қатайту жаңа пішіндерді көбейтпейді және ескіртпейді де, олардың сынғыштығын жоғарылатады және микрожарықтар – материалдың бұзылуы ықтимал жағдайының бастапқы орталығы пайда болады. Құрамына 1-3% гипс қосып қолдану нәтижесінде автоклавсыз қатайту белсенділігінің жоғарғы сатысы орнатылған.

15% дейінгі ылғалдылықпен ақаусыз өнімді өндіру газдалған бетонның құрамын дұрыс таңдау барысында мүмкін болады, оның қатайту тәсіліндегі түйіршіктелу жағдайына байланысты орындалады. Күлге газдалған бетонды өндіру технологияның қарапайымдылығынан, күлдің арзандығынан экономикалық тиімділікке байланысты және оны алу үшін шығынның аз кетуіне байланысты мүмкін болады, сонымен қатар, автоклавсыз технологияны да қолдану мүмкін болады.

Газды бетон өндіру кезінде күлді қолдану жылу энергетикасының қалдықтарын жоюдың кейбір мәселелерін шешуге мүмкіндік береді және аймақтың экологиясын тазартуға әсерін тигізеді. Сондай-ақ, күлдің мөлшері жеткілікті болуына байланысты, оны ұнтақтау керек емес және өндірістің ең көп еңбекті қажет ететін кезеңдерінің бірі ұнтақтау болса, ендеше ол өндірістің жалпы шығынынан 10% дейін үнемдеуге жағдай жасайды.

Екібастұз көмірінің күлі өте төзімді $T_{пл}=1670-1720^{\circ}\text{C}$, ол құрамында кремнийдің көп болуымен байланысты. Күлдің шамадан тыс жоғары балқу температурасына және пештегі газдың максималды температурасының жеткіліксіз болуына байланысты (1500-1550°C) күлдің кейбір бөлігі ерімейді және өткір жиектері бар дұрыс емес пішінде қалып қояды.

Органикалық заттардан босатылған, ЖЭС күлдерін микроскопиялық анықтау, фазалық құрамның негізгі құрылымы аморфты сазды агрегаттар шыны тәрізді зат және кварц, дала шпаты, кальцит және аздаған магнетит,

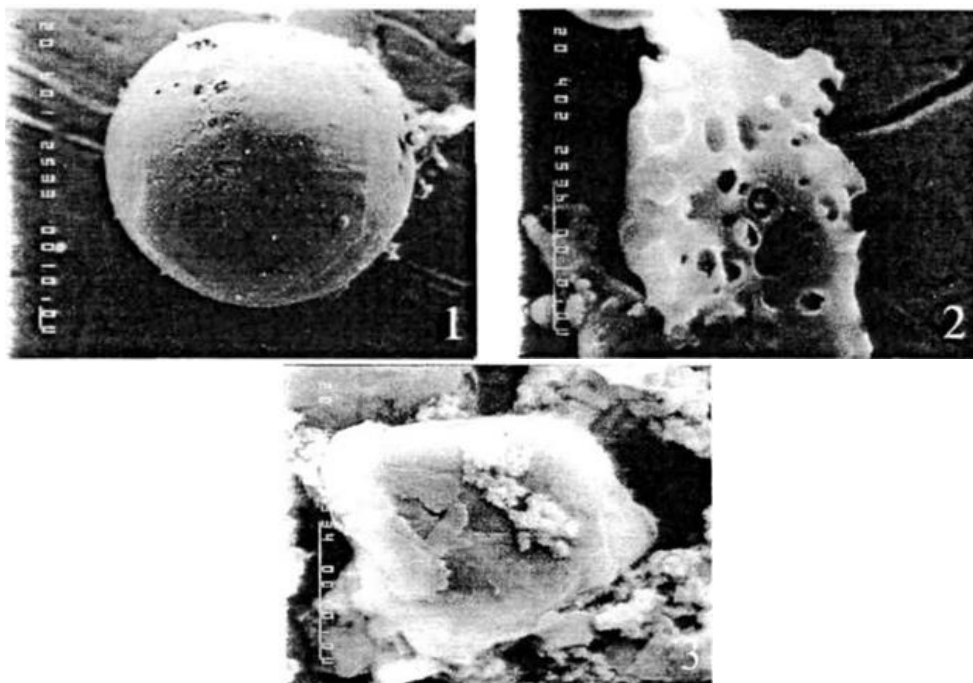
гематит, корунд және басқа да минералдармен берілген кристалдық фазалар болып табылады.

Зерттеушілер түссіз изотропты пластиналы пішінде берілген, 10-15% агрегатты жинақтардан тұратын, құрғақ іріктеуден өткен Ермаков ГРЭС күлінің айырмашылығын атап өткен. Бұл пластиналарда кристалданған муллит түріндегі 10% дейінгі нүктелік анизотропты қосындылар және елеусіз мөлшерде шамамен 5% түйіршіктер мен муллит инелер бар. Жиынтық массада кристобалит пен тридимиттің сирек түйірлері бар.

Зерттеу нәтижелері. Күлді зерттеуді біз Украинаның ИПМ АН материалтану мәселелері институтындағы Суперсынама – 733 микро-талдағышында жүргіздік.

Күлдің бөлшектерінің морфологиясы 1-суретте келтірілген. Сол суретте көрсетілгендей күл әртүрлі көлемдегі және пішіндегі бөлшектердің жиынтығынан тұрады. Күлдің құрамының бір бөлігі 150 мкм диаметрлі шиша іспетті керемет пішінді шардан құралған және оның құрамында кальций және алюминий, магний, кремний, темір қоспалары да бар. Ал екінші бөлігі дұрыс емес пішінді кеуектері бар және өлшемі 15 – 25 мкм дейін кеңейтілген массаның бөлігінен және алюминий оксиді, кремний карбиді, аздаған көлемде мыс, темір, мырыштан құралған, күрделі химиялық құрамнан тұрады. Күлдің құрамында сондай-ақ негізінен графиттен тұратын, дұрыс емес пішінді бөлшектері де бар.

Әртүрлі авторлардың зерттеулерінен байқағанымыздай күлдің құрамы әртүрлі химиялық элементтер бойынша және ондағы әртүрлі қосылыстардың комбинациясы, бетінің пішіні мен табиғаты және т.б. бойынша өте күрделі болып табылады, осының бәрі Екібастұз көмір алабының көмірін жаққаннан алынған күлді пайдаланатын, кремнийлі компонент ретінде газдалған бетонды түбегейлі зерттеу қажеттілігіне негіз болады.



Сурет 1. Екібастұз күлінің морфологиясы

Күлдің минералогиялық құрамы: корунд 5-10%, шиша фаза 60-65%, дала тастары 5-10% аморфты саз бөлшектері 10-15%, кальцит, гидрогранат, муллит, темір оксиді 3%.

Күлді сынау ГОСТ 25818 сәйкес жүргізіледі. Көмірдің күлге айналуы 40%, $S_{ya} - 2800-3000 \text{ см}^2/\text{г}$, електегі қалдық 008-210, көлемдік тығыздығы $750 \text{ кг}/\text{м}^3$. $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ құрамында 70%, ал SO_3 құрамында шамамен 3,5%, бос CaO құрамында шамамен 5%. MgO құрамында 5% аспайды, п.п.п құрамында шамамен 5%. Көлемді өзгертудің біркелкілігі шыдамды болды. Күлдің 1-ден 3% дейінгі ылғалдылығы. Екібастұз көмір алабының көмірін жаққаннан алынған күл СН 277 талаптарына сәйкес келеді.

Зерттеу нәтижелерін талқылау. Көмірді жағу әдістерінің айырмашылығына байланысты күл әртүрлі қасиеттермен алынады, кейде бірінен біріне түбегейлі ерекшеленеді.

Сланцты жағу кезінде тұтқыр қасиетке ие күл алынады, ал қоңыр немесе тас көмірді жағудан алынған күлде ондай тұтқыр қасиет болмайды, бірақ байланыстырғыштың құрамдас бөлігі болып табылады, сонымен қатар ол ұнтақталған кварц құмына қарағанда белсенді болады. Күлдің майдаланған құмнан айырмашылығы күл міндетті түрде ұнтақтауды қажет етпейді, себебі ол негізінде дисперсті күйде болады.

Құммен салыстырғандағы күлдің көптеген оң мәнді қасиеттері болғанымен, өндірісте өзінің белгілі бір қиындықтары да кездеседі.

Бірінші кезекте бұл күлдің біркелкі еместігі және суды көп қажет ететіндігі. Күлге көп су пайдаланбау мәселесін дисперстің ұлғаюына қарағанда су сұранысына көбірек әсер ететін, кеуектілігін төмендетіп, әртүрлі белсенді заттардың қосылуымен біріктіріп шешуге болады.

Қорытынды. Күлдің бірқалыпсыздық қасиеттерін жою іс жүзінде өте қиын. Күлдердің бірқалыпсыздығы технологиялық процесті тұрақтандыруға мүмкіндік бермейді, сондықтан да тұрақты сипаттағы газдалған бетон алу қиын болады.

Күлдің сипаттамаларын, оның мұқият химиялық және басқа да талдау түрлерін терең білу қажет, міне тек осы шаралар ғана газдалған бетон үшін қолданылатын күлдің қасиеттерін бағалауға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі

1. Моминова, С.М. Технология газосиликатного бетона с использованием промотходов и некондиционного сырья [Текст] / С.М. Моминова, Б.Т. Копжасаров, Ж.А. Садықов // Вестник Казахской головной архитектурно-строительной академии. 2019. №4 (74). С. 214-220.
2. Тупкебаев, Э.А. Комплексное использование сырья и отходов промышленности [Текст] / Э.А. Тупкебаев, Г.Х. Садықов. – Алматы (Казахстан), 2005.
3. Сиверцев, Г.Н. Классификация и характеристика шлаков как строительного сырья. Вып. 1. [Текст] / Г.Н. Сиверцев. – М.: ЦНИЛС, 2000. – 45 с.
4. Долинский, Ю.И. Золы ТЭС – мелкий заполнитель конструктивно-теплоизоляционных керамзитобетонов [Текст] / Ю.И. Долинский, С.К. Кондратьев. – М., 2000.
5. Ахметов, Д.А. Ячеистые бетоны (газобетон и пенобетон) [Текст] / Д.А. Ахметов, А.Р. Ахметов, К.А. Бисенов. – Алматы: Ғылым, 2008. – 384 с.
6. Mominova S., Kopzhasarov B., Kim Kwang Don Investigation of the properties of slag binders and autoclaved gas silicate concrete on long storage under normal conditions and the concrete strength in light waters // Материали XV международна научна практична конференция «Найновите постижения на

- Европейската наука – 2019» Vol. 9. – София «Бял ГРАД-БГ ОДД», 2019. – С.12-18.
7. Моминова, С.М. Моделирование процесса гидратации шлаковых вяжущих с оптимизацией технологии получения бетонов [Текст] / С.М. Моминова, Б.Т. Копжасаров // Научный журнал «Вестник Казахской головной архитектурно-строительной академии». – 2019. – №1 (71). – С.154-161.
 8. Моминова С.М. Исследования кремнеземистых компонентов и их влияние на свойства ячеистых бетонов [Текст] / С.М. Моминова, Б.Т. Копжасаров // Научный форум: Инновационная наука: №10(65). – Москва: Изд-во МЦНО, 2023. – С.35-46.

Материал редакцияға 16.04.24 түсті.

**Е.Н. Нұғмансая¹, Б.Т. Копжасаров¹, С.М. Моминова¹, С.Т. Дуйсенбаева²,
Г.Т. Копжасарова¹**

¹Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан

²Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ КРЕМНЕЗЕМИСТЫХ КОМПОНЕНТОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СВОЙСТВА ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ

Аннотация. В статье рассматриваются результаты исследования применения золы-уноса ТЭС в качестве кремнеземистого компонента и их влияние на свойства газобетона. Основными задачами современных строительных работ являются экономия электроэнергии, повышение качества и долговечности строительных материалов. Поставленную задачу можно решить, развивая производство ячеистых бетонов с применением золы -уноса ТЭС.

Ключевые слова: ячеистый бетон, зола-унос ТЭС, известь, вяжущее, пористость, плотность, теплопроводность, прочность.

**E. Nugmansaya¹, B. Kopzhasarov¹, S. Mominova¹, S. Duisenbayeva²,
G. Kopzhasarova¹**

¹M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

²M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan

STUDIES OF SILICA COMPONENTS AND THEIR INFLUENCE ON THE PROPERTIES OF AUTOCLAVED CELLULAR CONCRETE

Abstract. The article discusses the results of a study on the utilization of fly ash from thermal power plants as a silica component and its impact on the properties of aerated concrete. The primary objectives of contemporary construction endeavors include energy conservation, enhancement of building material quality, and durability. This issue can potentially be addressed by advancing the production of cellular concrete through the utilization of fly ash sourced from thermal power plants.

Keywords: porous concrete, TPP fly ash, lime, binder, porosity, density, thermal conductivity, durability.

References

1. Mominova, S.M., Kopzhasarov, B.T., Sadykov, ZH.A. Tekhnologiya gazosilikatnogo betona s ispol'zovaniyem promootkhodov i nekonditsionnogo syr'ya [Technology of gas silicate concrete using industrial waste and substandard raw materials] //

- Vestnik Kazakhskoy glavnoy arkhitekturno-stroitel'noy akademii [Bulletin of the Kazakh Head Academy of Architecture and Construction], 2019. No. 4 (74). P. 214-220, [in Russian].
2. Tupkebayev, E.A. Sadykov, G.KH. Kompleksnoye ispol'zovaniye syr'ya i otkhodov promyshlennosti [Integrated use of raw materials and industrial waste],– Almaty (Kazakhstan), 2005, [in Russian].
 3. Sivertsev, G.N. Klassifikatsiya i kharakteristika shlakov kak stroitel'nogo syr'ya [Classification and characteristics of slags as construction raw materials]. Issue 1. – Moscow: TSNILS, 2000. – 45 p., [in Russian].
 4. Dolinskiy YU.I., Kondrat'yev Zoly TES – melkiy zapolnitel' konstruktivno-teploizolyatsionnykh keramzitobetonov. – Moscow, 2000, [in Russian].
 5. Akhmetov, D.A., Akhmetov, A.R., Bisenov K.A. Yacheistyye betony (gazobeton i penobeton) [Cellular concrete (aerated concrete and foam concrete)] / D.A. Akhmetov,. –Almaty: Science, 2008. – 384 p., [in Russian].
 6. Mominova, S., Kopzhasarov, B., Kim, Kwang Don Investigation of the properties of slag binders and autoclaved gas silicate concrete on long storage under normal conditions and the concrete strength in light waters // Materiali XV mezhdunarodna nauchna praktichna konferentsiya «Naynovite postizheniya na Yevropeyskata nauka – 2019» [Proceedings of the XV international scientific and practical conference “Innovate insights into European Science] Vol. 9. – Sofiya «Byal GRAD-BG ODD», 2019. – P.12-18.
 7. Mominova, S.M., Kopzhasarov, B.T. Modelirovaniye protsessa gidratatsii shlakovykh vyazhushchikh s optimizatsiyey tekhnologii polucheniya betonov [Modeling the hydration process of slag binders with optimization of concrete production technology] // Scientific journal. Bulletin of the Kazakh Head Academy of Architecture and Construction, 2019. No. 1 (71). P.154-161, [in Russian].
 8. Mominova, S.M., Kopzhasarov, B.T. Issledovaniya kremnezemistykh komponentov i ikh vliyaniye na svoystva yacheistykh betonov [Research of siliceous components and their influence on the properties of cellular concrete] // Scientific forum: Innovative science: No. 10(65). – Moscow: Publishing house MTSNO, 2023. – P.35-46, [in Russian].