

Шыны қалдықтары мен керамзитті шаң қоспаларының силикатты кірпіштің физика-механикалық қасиеттеріне әсері

¹**МОНТАЕВ Сарсенбек Алиакбарұлы**, т.ғ.д., профессор, montaevs@mail.ru,

^{1*}**САХИЕВ Болатбек Жеткергенович**, докторант, bolatbek.87@mail.ru,

¹**ДОСОВ Каржаубай Жанабаевич**, магистр, аға оқытушы, cargau_68@mail.ru,

²**DĄBSKA Agnieszka**, PhD, доцент, agnieszka-dabska@mail.ru,

¹**ШИНГУЖИЕВА Алтынай Бакытжановна**, PhD, доцент м.а., shing.a@mail.ru,

¹«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Жәңгір хан көшесі, 51, Орал, Қазақстан,

²Варшава технологиялық университеті, Политехникалық алаңы, 1, Варшава, Польша,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Зерттеуде шыны қалдықтары мен керамзитті шаң қоспаларының силикатты кірпіштің физико-механикалық қасиеттеріне әсері талданды. Құрамдағы силикатты масса, шыны қалдықтары мен керамзитті шаң қоспалары мөлшерінің өзгеруі кірпіштің беріктігі, тығыздығы, жылу өткізгіштігі сияқты негізгі физикалық қасиеттеріне әсер етеді. Зерттеу барысында 87%, 75% және 60% силикатты масса, 3%, 5%, 10% шыны қалдықтары, 10%, 20%, 30% керамзитті шаң қоспаларымен дайындалған үлгілердің қасиеттері анықталды. Нәтижелер көрсеткендей, шыны қалдықтары мен керамзитті шаң қоспаларының мөлшерін өзгерту арқылы силикатты кірпіштің физика-механикалық сипаттамаларын тиімді реттеуге болады. Бұл зерттеу құрылыс материалдарын жақсарту, әсіресе жылу оқшаулау қасиеттерін арттыру мақсатында маңызды үлес қосады.

Кілт сөздер: силикат кірпіш, силикатты масса, шыны қалдықтары, керамзитті шаң, жылуөткізгіштік, физика-механикалық қасиеттер, энергия тиімділігі, энергия үнемдеу.

Кіріспе

Құрылыс индустриясында силикатты кірпіш әлі күнге дейін кеңінен қолданылып келеді. Себебі ол жақсы механикалық қасиеттері мен жылу өткізгіштігін сақтай отырып, экологиялық және экономикалық жағынан тиімді материал болып табылады. Алайда, құрылыс саласындағы тиімділік пен экологиялық талаптардың өсуі силикатты кірпіштің қасиеттерін жақсартуды қажет етеді. Шыны қалдықтары мен керамзитті шаң қоспалары құрылыс материалдары өндірісінде пайдаланылатын экологиялық таза қоспалар ретінде пайда болуда. Бұл қоспалар силикатты кірпіштің физика-механикалық қасиеттеріне әсер ете отырып, оның беріктігін, жылу оқшаулау қасиеттерін және ұзақ мерзімділігін арттыруға ықпал етеді. Керамзитті шаң қосылған силикатты кірпіштің тығыздығы төмендеп, оны жеңілдетеді, бұл құрылыс жұмысын жеңілдетуге және материалдың энергия үнемдеу қасиеттерін арттыруға мүмкіндік береді [1]. Шыны қалдықтары кірпіштің құрылымдық беріктігін арттырып, оны

химиялық тұрғыдан тұрақты етеді [2]. Сонымен қатар, бұл қоспалар құрылыс материалдарының қоршаған ортаға әсерін азайтып, қалдықтарды қайта өңдеу арқылы экологиялық тиімділігін арттырады [3, 4]. Шыны қалдықтарының қосылуы силикатты кірпіштің беріктігін арттырып, оның құрылымдық тұрақтылығын жақсартатыны анықталған [5]. Шыны қалдықтары мен керамзитті шаң қоспаларының қасиеттері олардың силикатты кірпіштің жылу оқшаулау қасиеттеріне әсерін арттыруға мүмкіндік береді [6]. Қазіргі уақытта бұл материалдар энергия тиімділігін арттыру мен қоршаған ортаны қорғау үшін маңызды мүмкіндіктер ұсынады. Сондықтан бұл зерттеу құрылыс материалдарының жаңа түрлерін әзірлеу және экологиялық таза технологияларды енгізу үшін үлкен ғылыми қызығушылық тудырады. Осылайша, шыны қалдықтары мен керамзитті шаң қоспалары силикатты кірпіштің қасиеттеріне әсері құрылыс материалдарын жаңарту және экологиялық тұрғыдан тиімді әдістерді дамыту үшін маңызды болып табылады. Со-

нымен қатар, бұл зерттеу экологиялық таза құрылыс материалдарын өндіруге ықпал ету арқылы құрылыс индустриясын дамытуға бағытталған жаңа тәсілдер ұсынады [7].

Зерттеу жұмыстарына сәйкес, шыны қалдықтары мен керамзитті шаң қоспаларының силикатты кірпіштің физика-механикалық қасиеттеріне әсері жоғары ғылыми қызығушылық туғызып, бұл бағыттағы зерттеулер құрылыс индустриясында маңызды рөл атқарады. Осылайша, шыны қалдықтары мен керамзитті шаң қоспаларының кірпіштің қасиеттеріне тигізетін әсері құрылыс материалдарының жаңа түрлерін әзірлеу және экологиялық таза технологияларды енгізу үшін үлкен мүмкіндіктер ұсынады.

Бұл жұмыстар жоғарыда аталған факторлардың тиімділігін бағалау және құрылыс материалдарының жаңа қасиеттерін анықтау мақсатында әрі қарай зерттелуі қажет. Осы негізде, келесі бөлімдерде шыны қалдықтары мен керамзитті шаң қоспаларының силикатты кірпіштің беріктігі, жылу өткізгіштігі және басқа да қасиеттері бойынша жүргізілген тәжірибелік зерттеулерге тоқталамыз. Алдағы уақытта, осы зерттеудің нәтижелері құрылыс материалдарын жақсартудың жаңа жолдарын табуға, экологиялық тазалықты қамтамасыз етуге және тиімділік пен энерготиімділікті арттыруға бағытталатын болады. Жалпы алғанда, бұл зерттеу шыны қалдықтары мен керамзитті шаң қоспаларының құрылыс материалдары ретінде қолданудың болашағын айқындап, бұл саланың дамуындағы жаңа бағыттарды ашады.

Олай болса, келесі кезеңдерде шыны қалдықтары мен керамзитті шаң қоспаларының әртүрлі концентрацияларын пайдаланып, силикатты кірпіштің сапасын зерттеуді жалғастыру ұсынылады.

Зерттеу мақсаты: Шыны қалдықтары мен керамзитті шаң қоспаларының силикатты кірпіштің физика-механикалық қасиеттеріне әсерін зерттеу.

Зерттеу әдістері мен материалдары

Зерттеу жұмысы Орал қаласындағы «Батыс Қазақстан құрылыс материалдар корпорациясы» акционерлік қоғамының силикат кірпіш зауытында өткізілді. Зерттеу барысында қолданылған материалдар мен әдістердің негізінде үш түрлі силикатты кірпіш қоспасының физика-механикалық қасиеттері талданды. Зерттеу объектісі ретінде, зауытта дайындалған силикатты кірпіш алдын ала сынақтан өтіп, оның негізгі қасиеттері зерттеу мақсатына сай салыстыру үшін алынды.

Зерттеу үшін үш түрлі силикатты құрам дайындалды. Негізгі компонент ретінде зауыттық дайын силикатты масса (құм мен әктен тұрады) алынып, оған шыны қалдық-

тары мен керамзитті шаң қоспалары қосылды.

Әрі қарай әрбір компоненттің химиялық құрамы мен қасиеттеріне қысқаша тоқталайық.

Силикатты масса құрамындағы құм «Меловые горки» кен орнынан алынады, Орал қаласынан 5,5-6 км оңтүстік-шығысқа орналасқан. Бұл құм кварцты-полевошпатты болып, құрамында аз мөлшерде сульфаттар бар, бұл кальций сульфатының қосылыстарын көрсетеді. Құм ұсақ түйіршікті болып, пенобетон өндірісінде қолдануға кедергі келтірмейді, себебі кремнезем компоненті дезинтеграторларда ұсақталады. Химиялық құрамы: 83,5% кремнезем (SiO_2), 2,5% кальций оксиді (CaO), 2,9% магний оксиді (MgO), 4,3% алюминий оксиді (Al_2O_3), 1,3% темір оксиді (Fe_2O_3), 1,6% сілті оксидтері (R_2O), 2,7% күкіртті ангидрид (SO_3) және 1,2% шөгінді емес заттар.

Силикатты масса, негізінен, кірпіштің беріктігі мен құрылымдық тұрақтылығына әсер етеді. Оның құрамындағы кремнезем (SiO_2) және кальций оксиді (CaO) силикатты байланыстардың түзілуін қамтамасыз етеді, бұл кірпіштің тығыздығы мен беріктігін арттыруға мүмкіндік береді.

Әк – силикатты кірпіш өндірісіне қажетті екінші шикізат, оның құрамында кем дегенде 95% кальций карбонаты (CaCO_3) бар карбонатты тау жыныстары қолданылады. Оларға тығыз әктас, әктасты түф, әктасты қабыршақ, бор және мәрмәр жатады. Бұл материалдар теңіз бассейндерінде жануарлар организмдерінің әрекеті нәтижесінде пайда болған шөгінді тау жыныстары. Әктас әк шпаты кальциттен және түрлі қоспалардан тұрады, мысалы, магний карбонаты, темір тұздары мен саз. Әк құрамындағы қоспалар силикатты кірпіштің механикалық қасиеттерін өзгерте алады. Әк шикізатының сапасы мен құрамының өзгеруі оның реакция жылдамдығына және силикатты материалдармен өзара әрекеттесуіне әсер етеді.

Керамзитті шаң Орал қаласындағы «Стройкомбинат» ЖШС керамзитті қиыршық тас және керамзитобетон өндірісінен алынған қалдық материал болып табылады. Бұл қалдық ұсақ түйіршіктерден тұрады және құрылыс материалдарының өндірісінде қосымша шикізат ретінде тиімді қолданылуы мүмкін. Керамзитті шаңның құрамында жеңілдік, жақсы жылу оқшаулау қасиеттері және басқа да физикалық қасиеттер бар, олар құрылыс материалдарының сапасын арттыруға ықпал етеді. Керамзит шаңының химиялық құрамы (абсолютті құрғақ зат бойынша) 59,07% SiO_2 , 0,97% TiO_2 , 17,82% Al_2O_3 , 9,64% Fe_2O_3 , 0,44% MnO , 1,78% CaO , 2,97% MgO , 0,85% Na_2O , 2,23% K_2O , 0,25% P_2O_5 , 0,91% SO_3 ,

3,07% жалпы ұшпа заттар болып келеді. Керамзит шаңның орташа тығыздығы 600-800 кг/м³ құрайды.

Шыны қалдықтары – бұл негізінен қолданылған бөтелкелер мен ыдыстардан алынған шыны материалдар. Шыны қалдықтарының химиялық құрамы 72% SiO₂, 12% CaO, 11% Na₂O, 2% MgO, 1,5% Fe₂O₃, 1,5% Al₂O₃ тұрады. Қолданыстағы шыны қалдықтары түссіз болып келеді. Шыны қатты, өте сынғыш материал болып табылады. Ол қысым немесе соққы кезінде оңай жарылып немесе сынуы мүмкін. Шыны қалдықтары құрамындағы натрий оксиді мен кальций оксиді сияқты компоненттердің арқасында белгілі бір дәрежеде ерігіш болады, бірақ негізінен суға өте аз ериді. Шыны жоғары температураға төзімді және тез қызған кезде құрылымдық өзгерістерге ұшырамайды.

Ұсынылған құрам бойынша силикатты масса, шыны қалдықтары мен керамзитті шаң қоспаларының арақатынасы әртүрлі болуы мүмкін. Бұл олардың физика-механикалық қасиеттерін айтарлықтай өзгертуі ықтимал. Зерттеу барысында шыны қалдықтары мен керамзитті шаң қоспаларын қосу материалдардың беріктігін, тығыздығын, жылу өткізгіштігін және басқа да негізгі қасиеттерін өзгертетіні күтіледі.

Зерттеу жұмыстары үшін шыны қалдықтары мен керамзитті шаң қоспаларының 1,25-0,14 мм фракциялары алынды. Дайындалған шикізат материалдары электрондық таразыларда өлшенді, содан кейін үш компоненттен тұратын шикізат композициясы дайындалды. Олар силикатты масса/шыны қалдықтары/керамзитті шаң (%) 87/3/10, 75/5/20, 60/10/30 компоненттер концентрациясында алынды (1-сурет).

Силикатты композицияларды сынау МЕМСТ-8462-85 стандарттарына сәйкес жүргізілді. Алынған құрамдардан жартылай

құрғақ престоу әдісімен цилиндр пішіндес (50x50 мм) үлгілер дайындалды. Үлгілерді дайындау кезінде ылғалдылық құрғақ компоненттердің жалпы массасының шамамен 10%-ын құрады. Қалыптастыру үшін ПСУ-10 гидравликалық престо 12 МПа қысым қолданылды. Дайындалған үлгілер зауыттық жағдайларда автоклавта өңдеуге жіберіліп, өңдеу режимі 2-6-2 сағатты құрады.

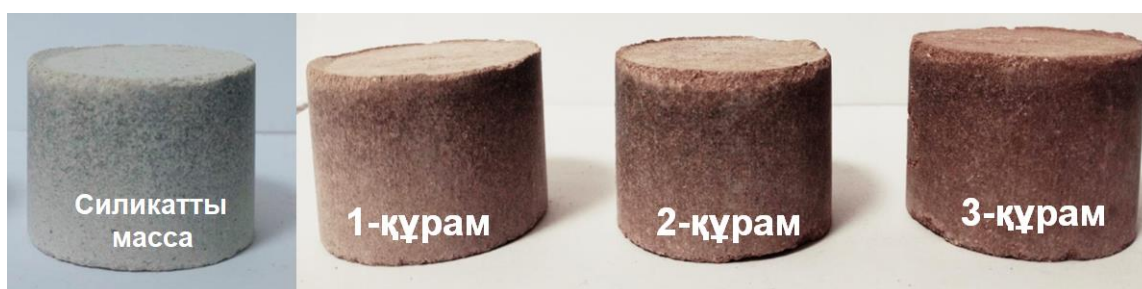
Автоклавта өңделген үлгілер салқындағаннан кейін сыртқы жағдайы тексеріліп, үлгілердің өлшемдері мен массалары анықталды. Әрі қарай үлгілердің физико-механикалық қасиеттерін анықтау мақсатында МЕМСТ-8462-85 және МЕМСТ-10180-90 бойынша әдістемелерге сәйкес, үлгілердің қысуға беріктігі, су сіңіргіштігі және аязға төзімділігі мен жылу өткізгіштіктерін анықтау бойынша сынақтан өткізілді.

Нәтижелер мен талқылау

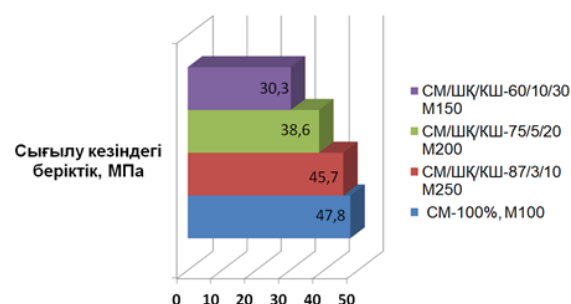
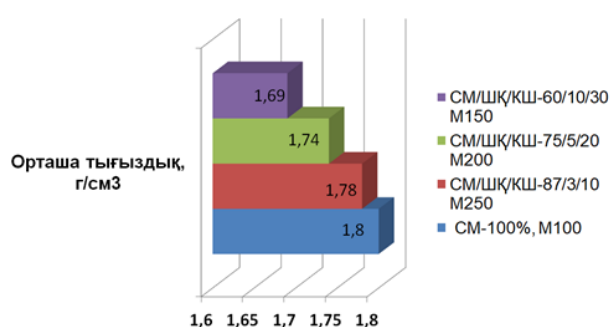
Тәжірибелік зерттеулердің нәтижелері көрсеткендей (3-сурет), шыны қалдықтары мен керамзитті шаң қоспаларының құрам бойынша үлесі артқан сайын, силикатты массаның азаюы әсерінен орташа тығыздық 1,78-1,69 г/см³-ке дейін төмендейді және жылу өткізгіштік коэффициенті 0,78-0,56 Вт/м. К-ке дейін азаяды. Сондай-ақ, үлгілердің сығымдау беріктігі 30,3-45,7 МПа аралығында болды. Орташа тығыздықтың төмендеуіне қарамастан, беріктік көрсеткіштері бойынша автоклавта өңделген үлгілер МЕМСТ 379-95 «Силикатты тас кірпіштер» техникалық шарттарын сақтайды. Жылу өткізгіштік қасиеттерін талдау көрсеткендей, жылу өткізгіштік зауыттық силикат кірпішпен салыстырғанда төмендеген. Су сіңірудің өзгеруін талдау көрсеткендей, зерттелген құрамдардағы су сіңіру көрсеткіштері 16,7-20,2% аралығында жоғарылаған. Бұл көрсеткіш зауыттық силикат кірпішпен салыстырғанда жоғары.



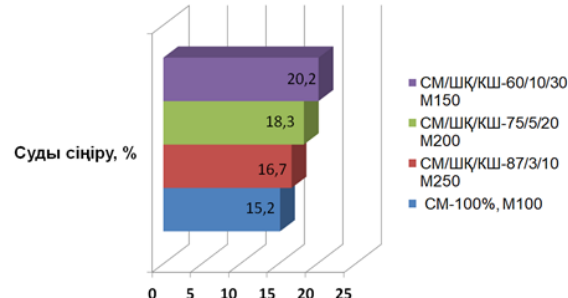
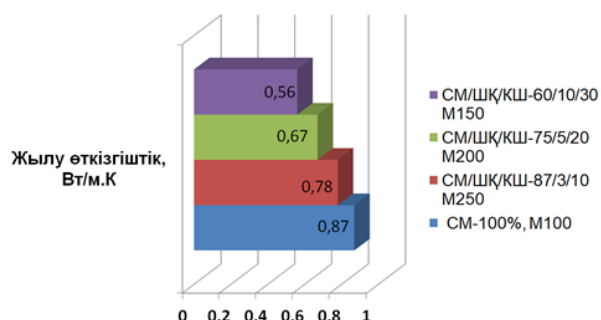
1-сурет – Силикатты композициялардың компоненттік құрамы



2-сурет – Цилиндр тәрізді дайындалған үлгілердің құрам бойынша түстерінің өзгерісі



Аязға төзімділік циклі F50



3-сурет – Сынақ нәтижелері

Сонымен қатар, керамзитті шаң қоспалары силикатты кірпіштің түсіне әсер етіп, оның қоңыр-сарғыш түске боялуына себеп болды. Бұл жағдай керамзиттің табиғи қасиеттері арқасында арнайы пигменттерді қолданбай-ақ кірпіштің түсін өзгертудің мүмкін екенін көрсетеді.

Зерттелген үлгілердің физико-механикалық қасиеттеріндегі өзгерістер бойынша шыны қалдықтары мен керамзитті шаң қоспалары силикатты кірпіштің құрылымын қалыптастыруға белсенді қатысатыны байқалады.

Қорытынды

Зерттеу нәтижесінде силикат массасы, физико-механикалық қасиеттері жан-жақты

талданып, олардың маңыздылығы анықталды. Керамзитті шаң қоспаларының құрамға қосылуы силикатты кірпіштің түсінің өзгеруіне ықпал етіп, кірпіштің қоңыр-сарғыш түске боялуына себеп болды. Бұл өз кезегінде арнайы пигменттер қолданбай-ақ кірпіштің түсін өзгертудің мүмкіндігін көрсетіп, керамзитті шаң қоспаларының табиғи қасиеттерінің тиімділігін дәлелдеді. Мұндай тәсіл үйлердің қасбеттерін сәндеуде ерекше көркем әрі стильді шешім ұсынып, олардың көрінісін жаңартады. Дайындалған өнім зауыттық силикатты кірпішпен салыстырғанда орташа тығыздығының төмендігі мен жақсы жылу өткізгіштігімен ерекшеленді. Бұл, өз кезегінде, құрылыс материалдарының жылу

оқшаулау қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, беріктік көрсеткіштері сақталып, өнім құрылыс талаптарына толық сәйкес келеді. Зерттеу нәтижелері силикатты кірпіштің физико-механикалық қасиеттерін жақсарту үшін шыны қалдықтары мен керамзитті шаң қоспаларының қолданылу тиімділігін дәлелдейді.

Ғылыми зерттеу жұмыстары ҚР Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің BR24993125 «ТКШ объектілерін жаңғырту кезінде қоршау конструкцияларының жылудан қорғалуын арттыру үшін силикатты кірпіш өндірісінде шыны тұғырды пайдаланудың ұтымды технологиясы» тақырыбы бойынша мақсатты бағдарламалы қаржыландыру аясында жасалды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Li, X., Zhang, L., & Wang, Y. (2019). "Effect of expanded perlite and waste glass on the properties of concrete". Construction and Building Materials, 204, 161-169.
2. Zhang, J., Liu, X., & Wang, Z. (2020). "Performance improvement of waste glass and perlite added concrete in construction". Journal of Cleaner Production, 265, 121827.
3. Wang, J., Zhang, Y., & Wu, H. (2018). "Study on the effect of waste glass on the mechanical properties of concrete". Materials Science and Engineering: A, 750, 144-152.
4. Saha, A., Pujara, M., & Bhattacharyya, S. (2021). "Impact of waste glass and expanded perlite on the strength and thermal conductivity of concrete". Journal of Materials in Civil Engineering, 33(6), 04021188.
5. Sarkar, P., Singh, R., & Srivastava, A. (2020). "The use of waste glass and expanded clay aggregates in enhancing the properties of construction materials". Journal of Cleaner Production, 257, 120576.
6. Gao, S., Wang, W., & Yang, J. (2020). "Sustainability and energy-saving potential of eco-friendly materials in concrete production". Sustainability, 12(15), 6102.
7. Gupta, S., Sharma, S., & Kumar, S. (2022). "Effect of industrial waste on the properties of concrete: A review". Environmental Progress & Sustainable Energy, 41(3), 13352.

Влияние добавок стеклоотходов и керамзитовой пыли на физико-механические свойства силикатного кирпича

¹**МОНТАЕВ Сарсенбек Алиакбарович**, д.т.н., профессор, montaevs@mail.ru,

^{1*}**САХИЕВ Болатбек Жеткергенович**, докторант, bolatbek.87@mail.ru,

¹**ДОСОВ Каржаубай Жанабаевич**, магистр, старший преподаватель, cargau_68@mail.ru,

²**DĄBSKA Agnieszka**, PhD, доцент, agnieszka-dabska@mail.ru,

¹**ШИНГУЖИЕВА Алтынай Бакытжановна**, PhD, и.о. доцента, shing.a@mail.ru,

¹НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», ул. Жангир хана, 51, Уральск, Казахстан,

²Варшавский технологический университет, площадь Политехнической, 1, Варшава, Польша,

*автор-корреспондент.

Аннотация. В исследовании проанализировано влияние добавок стеклянных отходов и керамзитовой пыли на физико-механические свойства силикатных кирпичей. Изменение состава силикатной массы, а также количества стеклянных отходов и керамзитовой пыли оказывает влияние на основные физические характеристики кирпича, такие как прочность, плотность и теплопроводность. В ходе исследования были определены свойства образцов, подготовленных с 87%, 75% и 60% силикатной массы, 3%, 5% и 10% стеклянных отходов, 10%, 20% и 30% керамзитовой пыли. Результаты показали, что изменение доли стеклянных отходов и керамзитовой пыли позволяет эффективно регулировать физико-механические характеристики силикатных кирпичей. Это исследование вносит

важный вклад в улучшение строительных материалов, особенно в повышение их тепло-изоляционных свойств.

Ключевые слова: силикатный кирпич, силикатная масса, стеклянные отходы, керамзитовая пыль, теплопроводность, физико-механические свойства, энергоэффективность, энергосбережение.

The Impact of Glass Waste and Expanded Clay Dust Additives on the Physicochemical Properties of Sand-lime Brick

¹**MONTAYEV Sarsenbek**, Dr. of Tech. Sc., Professor, montaevs@mail.ru,

¹***SAKHIEV Bolatbek**, Doctoral Student, bolatbek.87@mail.ru,

¹**DOSOV Karzhaubay**, Master's Degree, Senior Lecturer, cargau_68@mail.ru,

²**DĄBSKA Agnieszka**, PhD, Associate Professor, agnieszka-dabska@mail.ru,

¹**SHINGUZHIEVA Altynay**, PhD, Acting Associate Professor, shing.a@mail.ru,

¹NPJSC «Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian Technical University», 51 Zhangir Khan Street, Oral, Kazakhstan,

²Warsaw University of Technology, 1 Politechniki Square, Warsaw, Poland,

*corresponding author.

Abstract. The study analyzes the impact of glass waste and expanded clay dust additives on the physicochemical properties of silicate bricks. The change in the composition of the silicate mass, as well as the amount of glass waste and expanded clay dust, affects the main physical characteristics of the brick, such as strength, density, and thermal conductivity. During the research, the properties of samples prepared with 87%, 75%, and 60% silicate mass, 3%, 5%, and 10% glass waste, and 10%, 20%, and 30% expanded clay dust were determined. The results showed that modifying the proportion of glass waste and expanded clay dust allows for effective regulation of the physicochemical properties of silicate bricks. This research contributes significantly to the improvement of building materials, particularly in enhancing their thermal insulation properties.

Keywords: silicate brick, silicate mass, glass waste, expanded clay dust, thermal conductivity, physicochemical properties, energy efficiency, energy saving.

REFERENCES

1. Li, X., Zhang, L., & Wang, Y. (2019). "Effect of expanded perlite and waste glass on the properties of concrete". *Construction and Building Materials*, 204, 161-169.
2. Zhang, J., Liu, X., & Wang, Z. (2020). "Performance improvement of waste glass and perlite added concrete in construction". *Journal of Cleaner Production*, 265, 121827.
3. Wang, J., Zhang, Y., & Wu, H. (2018). "Study on the effect of waste glass on the mechanical properties of concrete". *Materials Science and Engineering: A*, 750, 144-152.
4. Saha, A., Pujara, M., & Bhattacharyya, S. (2021). "Impact of waste glass and expanded perlite on the strength and thermal conductivity of concrete". *Journal of Materials in Civil Engineering*, 33(6), 04021188.
5. Sarkar, P., Singh, R., & Srivastava, A. (2020). "The use of waste glass and expanded clay aggregates in enhancing the properties of construction materials". *Journal of Cleaner Production*, 257, 120576.
6. Gao, S., Wang, W., & Yang, J. (2020). "Sustainability and energy-saving potential of eco-friendly materials in concrete production". *Sustainability*, 12(15), 6102.
7. Gupta, S., Sharma, S., & Kumar, S. (2022). "Effect of industrial waste on the properties of concrete: A review". *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 41(3), 13352.