

ӘОЖ 666.973

Ж.Б. Кенжеханова*, К. Ақмалайұлы

магистрант, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,
Алматы, Қазақстан

профессор, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,
Алматы, Қазақстан

*Корреспондент авторы: Zhuldyz.kenzhekhan@bk.ru

БЕТТІК БЕЛСЕНДІ МИНЕРАЛДАРЫ БАР КОНСТРУКЦИЯЛЫҚ ЖЫЛУ ОҚШАУЛАҒЫШ БЕТОН

Түйін

Беттік белсенді минералдары бар конструкциялық-жылу оқшаулағыш бетон жаңашыл құрылыс материалы болып табылады, ол беріктік пен жылу оқшаулағыштық тұрғысынан ерекше қасиеттерге ие. Бұл бетон түрі құрамында беттік белсенді қасиеттері бар минералдарды камтиды, бұл қоспаның құрамдас бөліктерінің өзара әрекеттесуін жақсартып, олардың адгезиясын және ұзақ мерзімділігін арттырады. Осы ерекшеліктердің арқасында мұндай бетон төмен жылу өткізгіштікке ие болып, энергия тиімділігі жоғары объектілердің құрылысында жылу шығындарын бақылаудың маңыздылығы жоғары болған жағдайда пайдалануға өте қолайлы. Сондай-ақ, белсенді минералдарды қолдану бетонының сыртқы әсерлерге, мысалы, ылғал мен аязға төзімділігін арттыруға ықпал етеді. Бұл материалды беріктік пен жылу оқшаулағыштығын қажет ететін тұрғын үй және өнеркәсіптік құрылыс салаларында қолдануға болады.

Кілттік сөздер: конструкциялық-жылу оқшаулағыш бетон, беттік белсенді минералдар, қоспа, жылу өткізгіштік, құрылыс, беріктік, минералды қоспа.

Кіріспе. Конструкциялық-жылу оқшаулағыш бетондар беріктігі жоғары және тиімді жылу оқшаулау қасиеттеріне ие перспективті композициялық материалдар болып табылады. Олардың қолданылуы заманауи құрылыста өзекті, өйткені қазіргі таңда ғимараттардың жылу жоғалтуларын азайту мәселесі қырқынды түрде қарастырылуда, сонымен қатар құрылымдардың беріктілігі мен ұзақ мерзімділігін қамтамасыз ету маңызды болып табылады. Мұндай бетондар алу үшін оның құрамын оңтайландыру бағыттарының бірі - құрылымдық және пайдалану сипаттамаларын жақсартатын беттік-активті минералды қоспаларды пайдалану [1, 2].

Беттік белсенді минералдары бар бетон қоспасына енгізілген кезде цементтің гидратация процестеріне, кеуектілікке, компоненттердің адгезиясына және бетонның микроструктурасына кешенді әсер етеді. Олардың қатысуымен материалдың тығыздығы, беріктігі және жылу оқшаулау қабілеті арасындағы оңтайлы тепе-теңдікке қол жеткізу мүмкін болады. Сонымен қатар, мұндай қоспаларды қолдану суды сіңіруді азайтып, агрессивті ортаға төзімділікті арттыру арқылы бетон құрылымдарының ұзақ мерзімділігін арттыруға ықпал етеді.

Беттік-активті минералды қоспалардың конструкциялық-жылу оқшаулағыш бетон қасиеттеріне әсерін зерттеу - бұл энергиялық тиімді және экологиялық тұрақты құрылыс материалдарын әзірлеуге бағытталған өзекті тақырып. Бұл жұмыста бетон құрамының әрекет ету принциптері, пайдалану сипаттамаларын жақсарту механизмдері және құрылыс индустриясында қолдану перспективалары қарастырылады. Алынған нәтижелер бұл материалдардың қолдану аясын кеңейтуге және салынатын ғимараттар мен құрылыстардың сапасын жақсартуға ықпал етуі мүмкін [3].

Өзектілігі. Бұл жұмыс пен зерттеу тұрақты қасиеттері бар тиімді құрылымдық және жылу оқшаулағыш бетондардың құрамын жасауға арналған. Ал беттік-белсенді минералды қоспалар осы бетондардың құнын едәуір төмендетуге, сондай-ақ бұйымдардың қасиеттерінің тұрақтылығын арттыруға және ғимараттар мен құрылыстарды жылудан қорғау бойынша қажетті көрсеткіштерді қамтамасыз етуге мүмкіндік береді [4].

Құрылыс конструкцияларының жылу өткізгіштігін олардың беріктік қабілетін және басқа да пайдалану қасиеттерін жоғалтпай төмендету құрылыс тиімділігін арттыру мақсаттарының бірі болып табылады. Оған жетудің практикалық жолдарының бірі-жылу өткізгіштігі мен су өткізгіштігі төмен жеңіл және берік бетондарды жасау және қолдану. Табиғи және жасанды жеңіл бетондарға арналған толтырғыштардың дәстүрлі түрлерін қолдану ылғалдың айтарлықтай сіңуіне әкеледі, бұл олардың жұмыс кезінде жылу оқшаулау сипаттамаларын айтарлықтай нашарлатады. Бұл агрегаттардың көпшілігінде цемент тасымен әлсіз байланыс аймағы бар, бұл толтырғыштың цементті ылғалдандыру өнімдерімен химиялық әрекеттесуінің болмауына немесе әлсіздігіне байланысты.

Зерттеу мақсаты мен міндеттері. Зерттеудің мақсаты - беттік белсенді минералдар негізіндегі жылу оқшаулағыш және конструкциялық-жылу оқшаулағыш бетон құрамдарын әзірлеу. Осы мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды: минералды ұнтақтар құрамының әсер ету заңдылықтарын зерттеу; минералды қоспалар мен байланыстырғыш заттардың өзара әрекеттесу реакциясын зерттеу; бетон қоспасының қасиеттерінің тұрақтылығына әсер ететін факторларды анықтау; беттік белсенді минералдары бар конструкциялық-жылу оқшаулағыш бетонның барлық құрамдас бөліктерінің өзара әрекеттесуінің оңтайлы құрамын әзірлеу.

Теориялық талдау. Ұялы бетон – құрамында ауамен толтырылған кеуектері біркелкі бөлінген жабық тесіктері бар жеңіл бетонның бір түрі. Осы кеуектердің арқасында материал жеткілікті берік бола отырып, жақсартылған жылу оқшаулау қасиеттеріне ие болады. Кеуек мөлшері 0,5 мм-ден 3 мм-ге дейін олар бетонның ішінде жұқа әрі берік қабырғалар арқылы біркелкі таралған, осылайша материалдың тірек кеңістіктік қаңқасын қалыптастырады.

Қолдану мақсатына қарай кеуекті бетондары келесі түрлерге бөлінеді: жылу оқшаулағыш – жалпы кеуектілігі 75-85%, кептірілген күйдегі орташа тығыздығы 500 кг/м³-ге дейін; конструкциялық-жылу оқшаулағыш – орташа тығыздығы 500-900 кг/м³; конструкциялық – кеуектілік көлемі 40-55% және орташа тығыздығы 900-1200 кг/м³.

Ұялы бетондарының негізгі физика-механикалық көрсеткіштері құрылыс нормалары мен ережелері бетон классына байланысты реттеледі. Құрылыс нормаларына сәйкес конструкциялық-жылу оқшаулағыш бетондар үшін қысу беріктігіне байланысты келесі бетон кластары белгіленген: 3,5; 5; 7,5; 10; 15; 20. Осы көрсеткіштерге сәйкес бетонның рұқсат етілген максималды орташа тығыздығы $\rho = 500, 600, 700, 900, 1000, 1200$ кг/м³.

Ұялы бетондарының басты кемшілігі – олардың жоғары ылғал сіңіргіштігі. Ауаның салыстырмалы ылғалдылығы 100% болғанда, гигроскопиялық ылғал сіңіру ұялы бетон түрі үшін сәйкесінше 3-5% құрайды (тығыздығы 600 және 1000 кг/м³ болғанда). Осындай ылғалдылықта бетонның беріктігі құрғақ күйдегі беріктікпен салыстырғанда 10-15%-ға төмендейді, ал жылу өткізгіштік коэффициенті ылғалдың әрбір пайыздық өсіміне байланысты 6-8%-ға артып отырады [5].

Ұялы бетонның физика-механикалық қасиеттерін жақсарту әдістерінің бірі – талшықты және кеуекті толтырғыштарды пайдалану. Мұндай қоспалар, мысалы, асбест, ағаш ұнтағы, диатомит бетонның қалыптаудан кейінгі бастапқы беріктігін арттыруға ықпал етеді. Ұялы бетон бұйымдарының негізгі физика-механикалық қасиеттеріне орташа тығыздығы, қысу, созылу және иілу беріктігі, су сіңіру, сорбциялық ылғалдылық, жылу өткізгіштік, бу-, ауа- және дыбыс өткізгіштігі жатады.

Кеуектердің біртектілігі және олардың көлем бойынша біркелкі таралуы бетонның қасиеттерін айтарлықтай жақсартып, жылу өткізгіштігін төмендетеді. Ұялы бетонның жылу

өткізгіштігі құрамындағы кеуектерінің ісерінен коэффициенті өте төмен болып келеді. Яғни, орташа тығыздығы 500 кг/м³-ге дейінгі жылу оқшаулағыш бетонның жылу өткізгіштік коэффициенті 0,1-0,2 Вт/м*°С құрайды, ал орташа тығыздығы 500-900 кг/м³ болатын конструкциялық-жылу оқшаулағыш кеуекті бетон үшін бұл көрсеткіш 0,2-0,3 Вт/м*°С болады [6,7].

Байланыстырғыш материал ретінде құрылыс нормаларына сәйкес келетін, үш кальций силикаттың мөлшері 50% болатын 400-500 маркалы портландцемент қолданылады. Қатаю мерзімінің көрсеткіші басталуы 2 сағаттаназ болмауы қажет, аяқталуы 4 сағаттан көп болмауы керек. Байланыстырғыштың ұнтақтығы конструкциялық жылу оқшаулағыш бетон үшін 200-300 м²/кг, ал жылу оқшаулағыш ұялы бетон үшін 300-400 м²/кг болуы тиіс. Трепел, глиеж, трасс, глинит, опока, күл қоспалары бар цементті қолдану ұсынылмайды.

Кесте 1 – Портландцементтің негізгі қасиеттері

Атауы	Негізгі сипаттамалары
Іілу беріктігі, МПа	6-6,64
Жүктеме көрсеткіші, МПа	3,9, – 42,5
Ұстасу мерзімі, басталуы-аяқталуы, сағат-минут	45 минуттан басталып, 10 сағаттан кеш емес аяқталады
Шынайы тығыздығы, кг/м ³	3000-3200
Қалыпты қоюлығы, %	26
008 елеушінен өтуіне байланысты ұнтақтық көрсеткіші, %	92

Кесте 2 – Портландцемент байланыстырғыш материалының химиялық құрамы

Атауы	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	Na ₂ O+K ₂ O	TiO ₂ +Cr ₂ O	P ₂ O ₅	к.ш.ш.
ПЦ400	63	21,2	4,6	3	3	1	1	0,5	0,3	2,4

Беттік белсенді минералдар – бұл цемент құрамымен белсенді әрекеттесетін, бетондағы физика-химиялық процестерді өзгертетін табиғи немесе жасанды шығу тегі бар микроқоспалар.

Беттік белсенді минералдардың негізгі түрлері:

1. Микрокремнезем (SiO₂) – бетон құрылымының тығыздығын арттырады, бөлшектер арасындағы іліністі жақсартады және су сіңіруді азайтады.
2. Ұшпалы күл – су қажеттілігін азайтады, агрессивті ортаға төзімділікті арттырады.
3. Метаколин – ерте беріктікті жоғарылатады және шөгуін азайтады.
4. Бентонит – қоспаның пластикалығын және ылғал ұстау қабілетін жақсартады.

Беттік белсенді минералдарының бетонның қасиеттеріне әсері ол, микробөлшектері бар кеуектер мен жарықтарды толтырып, тығыздықты жоғарылатады және су өткізгіштікті төмендетеді, яғни бетон беріктігін біршама арттырады; Капиллярлардағы бос судың мөлшерін азайту мұздату кезінде бұзылудың алдын алады; Біркелкі кеуекті құрылым жасау жылу өткізгіштікті азайтады; Минералдар артық ылғалды сіңіреді, кебу кезінде жарықтардың пайда болуын болдырмайды.

Беттік белсенді минералдары бар конструкциялық-жылу оқшаулағыш бетон өндірісі кезінде келесі аспектілерді ескеру қажет:

1. Беттік белсенді минералдарды мөлшерлеу: оңтайлы мөлшері цемент массасының 5–15%-ын құрайды.

2. Ұнтақтау ұсақтығы: тиімді әрекеттесу үшін беттік белсенді минерал бөлшектерінің мөлшері 10 мкм-ден аз болуы тиіс.
3. Біркелкі таралу: суперпластификаторларды қолдану және тиімді араластыру қажет.
4. Су-цемент қатынасын (С/Ц) бақылау: қажетті тығыздыққа байланысты 0.35–0.5 аралығында ұсынылады.

Бетонда қолданылатын беттік-белсенді минералдарға ең алдымен табиғи минералдар жатады, мысалы, цеолиттер, олар ионды алмасу қабілетінің жоғары болуымен және порлы құрылымды жақсартуымен танымал. Цеолиттердің бетонға енгізілуі оның пористілігін жақсартып, тығыздығын төмендетуге ықпал етеді, бұл тікелей термоизоляциялық қасиеттеріне әсер етеді. Бұл минералдар белсенді бетке ие, ол сумен және бетонның басқа компоненттерімен әрекеттесіп, оның адгезиясын және ығысуға қарсы беріктігін арттырады.

Беттік белсенді минералдардың бетонға әсер ету механизмдері:

- Гидратацияның белсендіруі және микроқұрылымның өзгеруі, мысалы, цеолиттер, бетонның құрылымдық қасиеттерін жақсартады, себебі цемент құрамындағы кальций мен алюминий силикатты фазалардың гидратациясы жеделдетіледі. Бұл ионды алмасу арқылы жүзеге асады, ол сумен белсенді әрекеттесуге ықпал етеді, бұл гидратталған цементті тас пен бетонның тығыздығын арттырады. Нәтижесінде бетондағы аралық су мөлшері азайып, кеуектілік төмендейді және бетонның беріктігі артады. Эксперименттік мәліметтерге сәйкес, бетонға 10% цеолит қосу бетон беріктігін 12–15%-ға арттыруға мүмкіндік береді, сонымен қатар жылуөткізгіштік 20–25%-ға дейін төмендеуі мүмкін.

- Кеуектіліктің артуы және тығыздықтың төмендеуі, сондай-ақ кеуекті құрылымның дамуына ықпал етеді, бұл бетонның тығыздығын төмендетеді. Беттік белсенді минералдары бар конструкциялық-жылу оқшаулағыш бетон үшін бұл өте маңызды, себебі жылуөткізгіштікті азайту тікелей термоизоляция тиімділігіне әсер етеді. Цеолиттерді бетон құрамына енгізу барысында кеуектілікті 25–30%-ға арттыруы мүмкін, бұл тығыздықты 5–10%-ға дейін төмендетеді, сонымен қатар термоизоляциялық қасиеттер 15–20%-ға жақсарады.

- Термоизоляциялық қасиеттерді жақсарту механизмі. Беттік белсенді минералдар, мысалы, цеолиттер, жоғары кеуекті құрылымға және төмен жылуөткізгіштікке ие. Мысалы, цеолит қосылған бетонның жылуөткізгіштігі коэффициенті 0,15–0,18 Вт/(м·К) дейін төмендеуі мүмкін, ал дәстүрлі бетонда бұл көрсеткіш 0,25–0,35 Вт/(м·К) құрайды. Бұл материалдың массасын төмендетіп отырып, термоизоляциялық қасиеттерді айтарлықтай арттырады.

- Ұзақ мерзімділікке әсері. Беттік белсенді минералдар қолдану сонымен қатар бетонның ұзақ мерзімділігін жақсартуға ықпал етеді. Жарықтардың пайда болуына төзімділікті арттыру және суға қарсы қасиеттерді жақсарту арқылы мұндай қоспалар бетонның өткізгіштігін төмендетуге көмектеседі және оның химиялық белсенді орталарға, соның ішінде тұздар, сульфаттар және басқа да агрессивті әсерлерге төзімділігін арттырады.

Кесте 3 - Беттік белсенді минералдардың конструкциялық-жылу оқшаулағыш бетонға әсер етуінің негізгі қасиеттері мен әсерлері.

Атауы	Құрамында беттік белсенді затсыз	Құрамында беттік белсенді зат әсерімен	Өзгеру шамасы, %
Сығылуға беріктігі, МПа	30-40	33-46	12–15%-ға арттыру
Кеуектілігі, %	15-20 %	20-30 %	25–30%-ға арту
Орташа тығыздығы, кг/м ³	2000-2200	1800 – 2100	5–10%-ға төмендеу
Жылуөткізгіштік,	0,25 – 0,35 Вт/(м·К)	0,15 – 0,18 Вт/(м·К)	20–25%-ға

ВТ/(м·К)			төмендеу
Су сіңіргіштік, %	5-7 %	3,5 – 5 %	20–30%-ға төмендеу

Қорытынды. Беттік белсенді минералдардың конструкциялық-жылу окшаулағыш бетон құрамына енгізу құрылыс материалдарының жеңіл және жылу окшаулағыш қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік береді, ал олардың беріктік сипаттамалары айтарлықтай төмендемейді. Бұл қазіргі заманғы ғимараттардың энергоэффективтілік талаптарына сәйкес келе отырып, жылуөткізгіштікті төмендету және жылуизоляцияны жақсарту жобалаудың маңызды аспектілеріне айналады, бұл оларды құрылыстың әртүрлі салаларында пайдалану үшін тиімді етеді.

Әдебиеттер тізімі

1. Семченков А.С., Ухова Т.А., Сахаров Г.П. О корректировке равновесной влажности и теплопроводности ячеистого бетона // Строительные материалы. — 2006.
2. Попов М.Ю. Подбор состава легких бетонов на реакционноспособных пористых заполнителях /Научное обозрение. 2015.
3. Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: изд-во АСВ, 2003.
4. Стабилизирующие добавки в бетон. Виды и назначение. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://modifikator.ru/poleznaya-informaciya/stati/stabiliziruyushchie-dobavki-v-beton-vidy-i-naznachenie>
5. Акмалайұлы К. Основы бетоноведения. Издательство КазНТУ. Алматы 2012.
6. Блещик, Н.П. Технология производства изделий из крупнопористого легкого бетона /Н.П. Блещик, М.Г. Лазарашвили //Строительные материалы 2004.
7. Зоткин, А.Г. Эффекты от минеральных добавок в бетоне // Технологии бетонов 2007.

References

1. Semchenkov A.S., Uhova T.A., Saharov G.P. O korrekcirovke ravnovesnoj vlazhnosti i teploprovodnosti jacheistogo betona // Stroitel'nye materialy. — 2006.
2. Popov M.Ju. Podbor sostava legkih betonov na reakcionnosposobnyh poristyh zapolniteljah /Nauchnoe obozrenie. 2015.
3. Bazhenov Ju.M. Tehnologija betona. M.: izd-vo ACB, 2003.
4. Stabilizirujushhie dobavki v beton. Vidy i naznachenie. [Elektronnyj resurs]. - Rezhim dostupa: <https://modifikator.ru/poleznaya-informaciya/stati/stabiliziruyushchie-dobavki-v-beton-vidy-i-naznachenie>
5. Akmalajuly K. Osnovy betonovedenija. Izdatel'stvo KazNTU. Almaty 2012.
6. Bleshchik, N.P. Tehnologija proizvodstva izdelij iz krupnoporistogo legkogo betona /N.P. Bleshchik, M.G. Lazarashvili //Stroitel'nye materialy 2004.
7. Zotkin, A.G. Jeffekty ot mineral'nyh dobavok v betone // Tehnologii betonov 2007.

Ж.Б. Кенжеханова*, К. Акмалайулы

магистрант, Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

профессор, Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

*Автор для корреспонденции: Zhuldyz.kenzhekhan@bk.ru

КОНСТРУКЦИОННО-ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЙ БЕТОН С ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫМИ МИНЕРАЛАМИ

Аннотация

Конструкционно-теплоизоляционный бетон с поверхностно-активными минералами является инновационным строительным материалом, который обладает уникальными свойствами с точки зрения прочности и теплоизоляции. Этот тип бетона содержит минералы с поверхностно-активными свойствами, которые могут улучшить взаимодействие компонентов смеси, увеличивая их адгезию и долговечность. Благодаря этим особенностям такой бетон имеет низкую теплопроводность и идеально подходит для использования в условиях высокой важности контроля тепловых потерь при строительстве объектов с высокой энергоэффективностью. Также применение активных минералов способствует повышению устойчивости бетона к внешним воздействиям, например, к влаге и морозам. Этот материал может быть использован в жилищных и промышленных отраслях строительства, требующих прочности и теплоизоляции.

Ключевые слова: конструкционно-теплоизоляционный бетон, поверхностно-активные минералы, добавка, теплопроводность, строительство, прочность, минеральная добавка.

Zh.B. Kenzhekhanova*, K. Akmalayuly

Master's student, K.I. Satpayev Kazakh National Technical Research University, Almaty, Kazakhstan

Professor, K.I. Satpayev Kazakh National Technical Research University, Almaty, Kazakhstan

*Corresponding author's email: zhuldyz.kenzhekhan@bk.ru

STRUCTURAL THERMAL INSULATING CONCRETE WITH SURFACE-ACTIVE MINERALS

Abstract

Structural and thermal insulation concrete with surface-active minerals is an innovative building material that has unique properties in terms of strength and thermal insulation. This type of concrete contains minerals with surface-active properties that can improve the interaction of the components of the mixture, increasing their adhesion and durability. Due to these features, such concrete has a low thermal conductivity and is ideally suited for use in conditions of high importance of heat loss control during the construction of facilities with high energy efficiency. The use of active minerals also helps to increase the resistance of concrete to external influences, such as moisture and frost. This material can be used in residential and industrial construction industries requiring durability and thermal insulation.

Keywords: structural-thermal insulation concrete, surface-active minerals, admixture, thermal conductivity, construction, strength, mineral admixture.