

МАЙДА ТҮЙІРШІКТІ БЕТОНДАР ҮШІН КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ БАЙЛАНЫСТЫРҒЫШ ЗАТТЫ ПАЙДАЛАНУДЫҢ АЛҒЫ ШАРТТАРЫ

Байтасов К., техника ғылымдарының кандидаты, доцент

kbaitasov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8818-3037>

Удербаетов С.С., техника ғылымдарының докторы, доцент

saken_uderbayev@korkut.kz, <https://orcid.org/0000-0003-4492-8364>

Жапахова А.У., техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор

zhapakhova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2490-8200>

Бағдат Е.А., 7М07366 – Құрылыс материалдарын, бұйымдары мен конструкцияларын өндіру БББ-ның 1-курс магистранты

yerassilbagdat@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-7796-1914>

Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда қ. Қазақстан

Андатпа. Қазіргі уақытта азаматтық және өнеркәсіптік құрылыстың конструкциялық материалы ретінде майда түйіршікті бетон құрылыстық материалтану саласында үздіксіз зерттелуде. Бұл қызығушылық майда түйіршікті бетон қоспаларын қолдану саласының кеңеюіне байланысты. Майда түйіршікті бетон қоспаларын қолдану сапалы бетондауды қамтамасыз етуге, күрделі монолитті темір бетон конструкцияларын салуға кететін еңбек шығындарын азайтуға мүмкіндік береді. Құрылыс тәжірибесіне майда түйіршікті бетондарды кеңінен енгізу қажеттілігі тиімді бетондармен темірбетон конструкцияларын дайындау үшін қажетті сапалы ірі толтырғыштың жетіспеушілігінен туындайды.

Құрылыс практикасына майда түйіршікті бетондарды кеңінен енгізу олардың отыруының жоғарылығымен, кеуектіліктің жоғары көрсеткіштерімен, жарыққа төзімділіктің төмендігімен, жоғары байланыстырғыш зат шығынымен шектеледі. Осыған байланысты пайдалану қасиеттері жоғары майда түйіршікті бетондарды жасау өзекті мәселе болып табылады. Бұл мәселе байланыстырғыш затты әзірлеуді, оңтайлы құрамды таңдауды, сондай-ақ технологиялық регламенттерді әзірлеуді қамтитын кешенді амалды қажет етеді. Сонымен қатар мұндайбетондардың қатаю және пайдалану ерекшеліктерін ескеру қажет. Сондықтан көрсеткіштері жоғары композициялықбайланыстырғыш заттықарастыруөте маңызды.

Жұмыста портландцементтен, сөндірілмеген әктен және белсенді минералды қоспадан тұратын композициялық байланыстырғыш заттың негізгі қасиеттерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Бұл композицияны едәуір жақсарту мүмкіндігі портландцементтің әкпен және қышқыл белсенді минералды қоспалармен үйлесуіне байланысты.

Тірек сөздер: майда түйіршікті бетон, портландцемент, ілеспе күл, әк, белсенді минералды қоспа, гидраттану, отыру, тығыздық, беріктік, кеуектілік.

Кіріспе. Бетон азаматтық және өнеркәсіптік құрылыстағы негізгі конструктивтік материал ретінде үздіксіз зерттеу нысаны болып табылады. Бүгінгі таңда әлемдік индустрияда пайдалану сипаттамалары жақсартылған жоғары сапалы және көпфункционалды бетондарды жасауға қызығушылық артып келеді. Бұл көбінесе бірегей ғимараттар мен құрылымдарды құруға бағытталған заманауи архитектураның дамуымен байланысты. Мұндай жобаларды жүзеге асыру арнайы материалдарды, соның ішінде жоғары технологиялық деңгейлі бетондарды қолдануды талап етеді.

Қазақстан Республикасында сәулеттік шешімдердің күрделенуімен және конструкцияларды арматуралау коэффициентінің жоғарылауымен қатар жүретін монолитті құрылыстың қарқынды дамуымайда түйіршікті бетон қоспаларын қолдану саласын кеңейтудің объективті қажеттілігін негіздейді. Тығыз арматуралық қаңқаның және геометриялық күрделі бөліктердің болуы дәстүрлі бетон қоспаларын тиімді жайғастыру және сапалы тығыздау үшін технологиялық кедергілерді тудырады, бұл қоспаның жобалық көлемде біркелкі таралуын қамтамасыз ету міндетінің өзектілігін айқындайды.

Майда түйіршікті бетон қоспаларын пайдалану арматура стерженьдері арасындағы кеңістікті толтыру процесін оңтайландырады, жақсартылған реологиялық сипаттамалар мен қоспа құрылымының жоғары біркелкілігін қамтамасыз етеді. Бұл қоспаларды қолдану әр түрлі модификациядағы бетон сорғы қондырғыларын ұтымды пайдалануға ықпал етеді, сол арқылы еңбек шығындарын азайтып, техникалық күрделі монолитті темірбетон конструкцияларын тұрғызудың қарқындылығын арттырады [1, 2].

Қазақстан Республикасының көптеген өңірлерінде қажетті сападағы ірі толтырғыштардың өткір тапшылығы, құрылыс материалдары нарығында бетондарды дайындау үшін қажетті көп фракциялы толтырғыштарды жеткізуге ұсыныстардың болмауы тиімді бетондар мен темірбетон конструкцияларын дайындау үшін майда түйіршікті бетондарды құрылыс практикасына кеңінен енгізу қажеттілігін негіздейді. Ірі толтырғыш тапшылығы бар аймақтарда оны жеткізу шығындары құнының 30...50% -на дейін жетуі мүмкін. Жергілікті құмдарды және қиыршық тастарды елеу қалдықтарын пайдалану бұл шығындарды толығымен жояды.

Сонымен қатар, әртүрлі мақсаттағы құрылыс конструкцияларын тұрғызу үшін майда түйіршікті бетондарды кеңінен қолдануды шектейтін бірқатар факторлар бар. Оларға цементтің үлкен шығыны, әртүрлі себепті отыру деформациялары, жоғары кеуектілік, жарылуға төзімділіктің төмендігі және басқалары жатады [3]. Майда түйіршікті бетонда үлкен толтырғыштың болмауына байланысты жылжу және деформациялану көбірек дамыған [4, 5]. Аталған кемшіліктерді еңсеру үшін құрылыс тәжірибесінде майда түйіршікті бетонды қолдану тиімділігін арттыратын техникалық және технологиялық шешімдерді әзірлеу және іске асыру қажет [6, 7].

Кеңейтетін қоспаларды қолдану отырудың майда түйіршікті бетондардың құрылымы мен қасиеттеріне зиянды әсерін жоюдың тиімді әдістерінің бірі болып табылады. Байланыстырғыш зат құрамына кеңейтетін қоспаларды енгізу арқылы қатаюдың бастапқы кезеңінде цемент тасы мен бетонның құрылымын қалыптастыру процестерінің дамуын белсенді түрде реттеуге болады. Отыру деформацияларының барлық түрлері қатаю процесінде дамитыны және жарылудың пайда болуының негізгі себебі болып табылатыны белгілі. Жарықтардың дамуы бетон мен арматураның коррозиясын тудырады, бұл бетон мен темірбетон конструкцияларының ұзаққа жарамдылығын төмендетеді немесе толығымен жояды [8-10].

Портландцемент құрамына толықтырғыштар түрінде енгізілген кезде гидравликалық белсенді минералды қоспалар негізгі портландцементтің дән аралық қуыстарын толтырады, сонымен қатар гидраттану кезінде жаңа түзілістердің пайда болуына ықпал етеді. Бұл жаңа түзілістер негізгі портландцементтің дән аралық кеңістігіндегі бос суды байланыстыра отырып, қосымша құрылымды құрайтын элементтер рөлін атқарады [11, 12].

Осының нәтижесінде кеуектердің жалпы саны азаяды, сонымен қатар «цемент тасы – толтырғыш» байланысының тығыздығы артады. Бос кальций гидроксидін байланыстыра алатын гидравликалық белсенді микро толықтырғыштың мөлшерін анықтаған кезде, портландцементтегі дән аралық қуыстарды мейлінше көп толтыру принципіне ғана емес, сонымен қатар цемент қамырының жеткілікті сілтілі әлеуетін сақтауға тырысу керек. Сондықтан, аралас байланыстырғыш зат құрамын тағайындау кезінде микро толықтырғыштардың оңтайлы үлесін қабылдау қажет [13,14].

Майда түйіршікті бетонның техникалық қасиеттерін байланыстырғыш заттың оңтайлы дәндік құрамын қалыптастыру, яғни ірі дәндердің дән аралық кеңістігін майда бөлшектермен алмастыру арқылы жақсартуға болады. Портландцемент құрамына микро толықтырғыштардың оңтайлы таңдалған құрамын енгізген кезде, цемент бөлшектерінің дән аралық кеңістігінде бос суды ауыстыру қамтамасыз етіледі, бұл жоғары сапалы майда түйіршікті бетон алудың маңызды алғышарты болып табылады.

Гидравликалық белсенді микро толықтырғыштарды қолдану кезінде гидраттық жаңа түзілістердің қосымша мөлшеріне байланысты цемент тасының тығыздығы мен

беріктігін арттыру қамтамасыз етіледі. Сондықтан аралас құрамды байланыстырғыш заттың құрамына кеңейтетін қоспаларды енгізу цемент тасының құрылымы мен майда түйіршікті бетонның қасиеттерінің дамуына кешенді әсер етеді [15].

Әр түрлі авторлардың бұрын жасаған жұмыстарының нәтижелерін талдау көрсеткендей, майда түйіршікті бетон қоспаларында цементтің едәуір бөлігі клинкер бөлшектерінің жоғары тығыздығына байланысты тиімділігі төмен толтырғыш рөлін атқарады. Цемент микротолықтырғышын меншікті көлемі жоғары басқа затпен, мысалы, кальций гидроксидімен алмастыру орынды болып көрінеді.

Осы тұрғыдан портландцементтен, сөндірілмеген әктен және белсенді минералды қоспадан тұратын композициялық байланыстырғыш зат мұқият зерттеуге және өндіріске енгізуге лайық [16]. Оны цемент зауыттарында да, темірбетон зауыттарында да кәдімгі портландцементті, сөндірілмеген әкті және ұнтақталған әктің гидраттану процесін реттейтін қоспаларды бірге ұнтақтау арқылы жасауға болады.

Портландцементтің әкпен үйлесіміосы композицияны қышқыл белсенді минералды қоспаларды (трепел, опока, күл және т.б.) енгізу арқылы едәуір жақсартуға қосымша мүмкіндік береді. Соңғысы кальций гидроксидімен әрекеттесіп, кальций гидросиликаттарын меншікті көлемі үлкен, ерекше жоғары дисперсиялы бөлшектер түрінде құрайды. Гидросиликаттар тұтастай алғанда жүйенің беріктігін едәуір арттыруға, сондай-ақ құм аралық майда кеуектердің ішіндегі ауаны ығыстыра отырып, максималды толтыруға ықпал етеді.

Бұл композициялық байланыстырғыш заттың тағы екі маңызды қасиеті бар.

Біріншіден, бұл жоғары экзотермиялы байланыстырғыш зат, ол байланыстырғыш заттың бастапқы қатаю кезеңінде (2...4 сағат) кальций оксидінің гидраттануы нәтижесінде көп мөлшерде жылу (277 ккал/кг СаО) бөлінуіне байланысты. Жоғары мөлшерде жылу бөліну жүйенің қатаюын күрт жеделдетеді.

Екіншіден, құрамында әк болғандықтан композициялық байланыстырғыш зат көлемнің реттелетін кеңею қасиетіне ие болады, бұл отыруы аз бетондарды алуға және олардың жарылуға төзімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Сонымен, бұл жұмыста зерттеу нысаны майда түйіршікті бетон дайындауға арналған композициялық байланыстырғыш зат болып табылады.

Жұмыстың мақсаты құрылыс тәжірибесіне майда түйіршікті бетондарды енгізу мақсатында оны қолданудың алғышарттарын анықтау үшін композициялық байланыстырғыш заттың қасиеттерін зерттеу болып табылады.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Жұмыста келесі материалдар қолданылды: Шымкент цемент зауыдының М400 маркалы портландцементі; сөндірілмеген әк; ЖЭО ілеспе күлі; ірілік модулі $M_{кр} = 2,88$ құм. Химиялық қоспалар оспалар ретінде $Al_2(SO_4)_3$, $Fe_2(SO_4)_3$, $CaCl_2$, суперпластификатор С-3 қолданылды.

Жұмыстың эксперименттік бөлігі бірқатар стандартты әдістерді қолдана отырып орындалды.

Цементтің қалыпты қоюлығы мен ілінісу мерзімдерін анықтау МемСТ 310.3-76 бойынша жүргізілді. Композициялық байланыстырғыш заттың белсенділігі массасы бойынша 1:3 құрамындағы созымды цемент ерітіндісінен жасалған 4x4x16 см өлшемді арқалықты үлгілерде анықталды (МемСТ 310.4 – 81).

Композициялық байланыстырғыш зат көлемінің өзгеру біркелкілігін анықтау қалыпты қоюлықтағы цемент қамырынан жасалған шелпек үлгілерде орындалды (МемСТ 310.3-76).

Цемент тасының кеуекті құрылымын зерттеу МБС-1 микроскопында 56x ұлғайту мен оптикалық микроскопия әдісімен жүргізілді. Цемент тасының үлгілерінен алынған препараттар (аншлифтер) канифольде алдын ала қайнатылды, сіңдіру тереңдігі 1...2мм болды. Содан кейін үлгілер тегістеу машинасында өңделді, бір тәулікке этил спиртіне салынып, спиртпен жуылды. Аншлифтің тазартылған бетіне 1мм аралықпен сызықтар жүргізілді. Кеуектерді өлшеу бүкіл аншлиф аймағында спираль бойымен

жүргізілді (МемСТ220023-76). Әр кеуектің диаметрі жеке өлшенді, бұл кеуектерді диаметрлердің белгілі бір аралықтары бойынша ажыратуға мүмкіндік берді. Бұл жағдайда саралау қадамы 100 мкм болды.

Композициялық байланыстырғыш заттың қатаюының әртүрлі кезеңдеріндегі фазалық құрамды зерттеу дифференциалды-термиялық және рентгендік құрылымдық талдау әдістерімен жүргізілді.

Композициялық байланыстырғыш заттың қатаю процесінде меншікті деформацияларды анықтау 40×40×160 мм арқалықтық үлгілерде орындалды, олардың ұштарында реперлер орнатылды және деформация сағат түріндегі индикатор көмегімен бақыланды.

Үлгілерді ұзақ уақыт қатайту, сондай-ақ жылуылғалды өңдеуден кейін үлгілерді сақтау ылғалдылығы 53...60% және 98% ортада, 20+2°С температурада жүргізілді.

Үлгілердің беріктігін анықтау МемСТ 310.4-81 бойынша жүргізілді.

Нәтижелер. Бұл жұмыста майда түйіршікті (құмды) бетондарды алу үшін пайдаланудың алдын-ала шарттарын анықтайтын композициялық байланыстырғыш заттың кейбір қасиеттері зерттелді. Зерттелетін композициялық байланыстырғыш зат портландцементтен, сөндірілмеген әктен және ЖЭО ілеспекүлінен тұрады және меншікті бетінің 4000...5100 см²/г шегіне дейін барлық компоненттерді бірге ұнтақтау арқылы дайындалады.

Жұмыста қолданылатын композициялық байланыстырғыш заттың сипаттамалары 1-кестеде келтірілген.

1-кесте – Композициялық байланыстырғыш заттың негізгі сипаттамалары

№	Құрамы, масса бойынша %			Меншікті беті, см ² /г	Қалыпты қоюлық, %	Ілінісу мерзімі, сағат-минут		28 тәулікте беріктік шегі, МПа	
	Портландцемент М400	Әк	ЖЭО күлі			басталу	аяқталу	сығылу	иілу
1	30	25	45	5100	35	0 - 25	1 - 05	28,0	4,95
2	50	20	30	4900	32	0 - 52	2 - 08	41,1	6,12
3	70	10	20	4650	31	1 - 15	2 - 24	42,6	7,15

Композициялық байланыстырғыш заттың қалыпты қоюлығы мен ілінісу мерзімін анықтау нәтижелері портландцементтің бір бөлігін әк және күлмен ауыстыру қалыпты қоюлықты арттыратынын және ілінісу мерзімін төмендететінін көрсетеді. Бұл жағдайда әкті қолдану ілінісу мерзімін қысқарту бағытында реттеуге мүмкіндік береді. Сондай-ақ, әк қосу бастапқы кезеңде қоспаның созымдылығын арттыратыны байқалды.

1-кестеден композициялық байланыстырғыш зат маркасының бастапқы портландцемент маркасынан төмен емес екенін көреміз. Бұл жағдайда композициялық байланыстырғыш заттың беріктігі клинкер бөлігін ұнтақтау есебінен емес, оның компоненттерінің өзара әрекеттесуі нәтижесінде қамтамасыз етіледі. Салыстыру үшін 50% бөлігі ұнтақталған бастапқы портландцемент және композициялық байланыстырғыш зат негізінде 1:3 (байланыстырғыш зат : құм) құрамдағы ерітіндіден үлгілер жасалды. Бұмен өңделгеннен кейін, ұнтақталған портландцемент негізіндегі үлгілердің сығылуға беріктігі 22,8 МПа және иілуге беріктігі 4,16 МПа, ал композициялық байланыстырғыш зат үлгілерінің беріктігі 23,2 және 4,54 МПа болды. 28 тәуліктен кейін үлгілердің бұл көрсеткіштері сәйкесінше келесі мәндерге ие болды: 38,1 және 5,82; 39,2 және 6,1 МПа.

Сынақ нәтижелері композициялық байланыстырғыш зат көлемнің өзгеруінің біркелкілігі сынағына төтеп бере алатынын көрсетеді.

Цемент тасы мен майда түйіршікті бетонның көптеген механикалық және физикалық қасиеттері цемент жаңа түзілістерінің химиялық құрамына ғана емес, сонымен қатар гидраттану өнімдерінің физикалық құрылымына да байланысты.

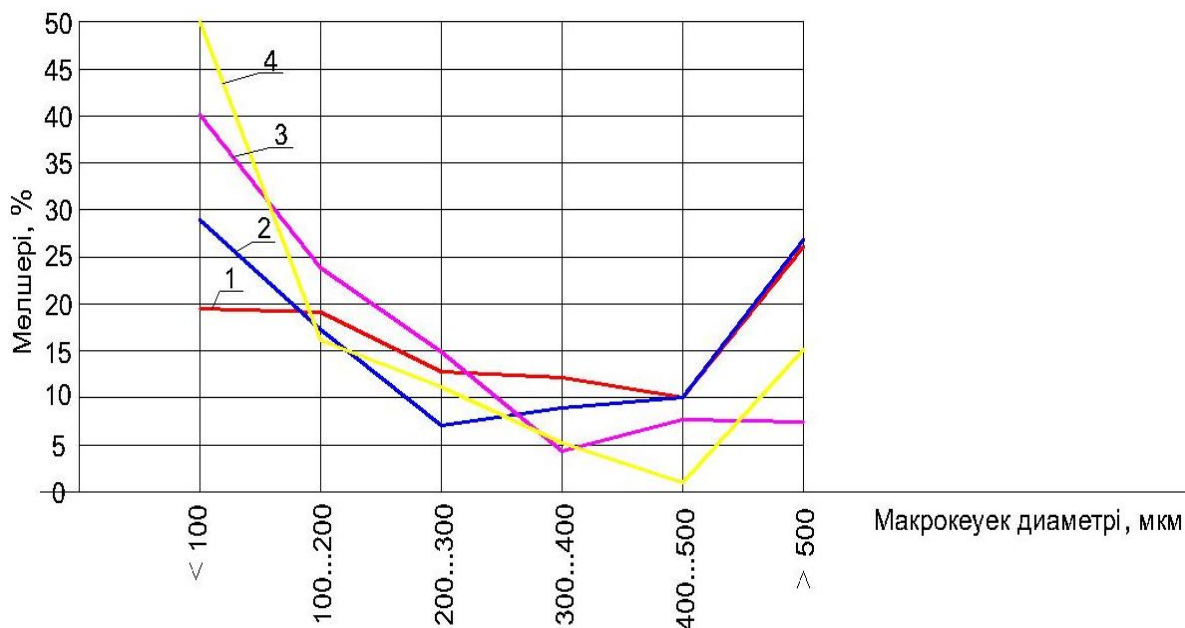
Қатайған цемент тасының кеуекті құрылымын зерттеу үшін композициялық байланыстырғыш зат үлгілері зерттелді. Қалыпты қоюлықтағы цемент қамырынан дайындалған (1 кесте бойынша №2 құрам) композициялық байланыстырғыш зат үлгілері 28 тәулік бойы судың үстінде, 20°C температурада қатайды.

Зерттеу нәтижелері 2-кестеде және 1-суретте келтірілген.

2-кесте – Алатын көлеміне байланысты макрокеуектердің өлшемдері бойынша таралуы, %

№	Цемент тасының құрамы	Қосынды макрокеуектілік, %	Макрокеуек диаметрі, мкм					
			0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500
1	Портландцемент М400	11,5	19,5	19,1	12,8	12,2	9,3	26,1
2	Композициялық байланыстырғыш зат	11,1	28,9	17,3	7,1	8,9	10,1	26,8
3	Композициялық байланыстырғыш зат +2% $Al_2(SO_4)_3$	7,91	40,1	23,9	14,85	4,3	7,65	7,46
4	Композициялық байланыстырғыш зат + 0,5% C-3	8,75	50,5	16,1	11,2	5,2	1,0	15,4

Ескерту: Химиялық қоспалар мөлшері байланыстырғыш зат массасынан %- тік үлесте.



1-сурет – Макрокеуектердің таралу кестесі

Зерттеу деректері портландцемент және химиялық қоспасыз композициялық байланыстырғыш зат үлгілерінің макрокеуектілік шамалары химиялық қоспа қосылған композициялық байланыстырғыш зат құрамының үлгілеріне қарағанда жоғары екенін көрсетеді. Қоспасыз үлгілердегі макрокеуектердің таралу сипаты кейбір айырмашылықтарына қарамастан өте ұқсас. Мысалы, жалпы кеуектіліктің ең үлкен шамасында (11,5%) ең кіші макрокеуектер (0...100 мкм) ең аз мөлшері (19,5%) портландцемент үлгісінде байқалады, ал КБЗ үлгілерінде 100 мкм дейінгі макрокеуектер мөлшері 28,9% құрайды. Химиялық қоспасыз үлгілердегі ең үлкен макрокеуектер (500 мкм) мөлшері өте жоғары - 26,1-ден 26,8% - ға дейін, 1250...1300 мкм өлшемді макрокеуектер кездеседі.

Химиялық қоспалар қосылған 3 және 4 үлгілерде жалпы кеуектіліктің 7,91...8,75%. - ге дейін төмендеуі байқалады. Сонымен қатар, ең кіші кеуектердің мөлшері артады, ал 0,5 мм өлшемді макрокеуектердің мөлшері қоспасыз үлгілермен салыстырғанда азаяды. 4-ші құрам үлгілерінде ұсақ кеуектердің мейлінше көп кезінде, өлшемдері 0,5 мм-ден асатын кеуектер мөлшері жеткілікті жоғары болуы, шамасы, қоспаның кейбір ауа ілестіруімен түсіндіріледі. Бұл кезде 4 құрам үлгілеріндегі макрокеуектердің ең үлкен өлшемі 750 мкм құрайды, ал 3 құрамдағы үлгілерде 1 мм-ге дейінгі кеуектер кездеседі.

Жоғарыда айтылғандардан химиялық қоспаларды қолданудың және композициялық байланыстырғыш заттың цемент тасын тығыздау және макрокеуектердің іріленуін бөлшектеу үшін оң нәтиже беретіні көрінеді, бұл майда түйіршікті бетондардың беріктігіне, аяз әсеріне төзімділігі мен су өткізбеушілігіне оң әсер етуі мүмкін.

Зерттеу нәтижелері композициялық байланыстырғыш зат цемент тасының құрылымында ұсақ макрокеуектердің мөлшері басым екенін көрсетеді. Химиялық қоспаларды енгізу цемент тасының тығыздығын арттыруға мүмкіндік береді.

Ұсақ түйіршікті бетондар үшін отыру деформацияларын азайтуды қамтамасыз ету қажеттілігіне байланысты, байланыстырғыш зат құрамына әк енгізу отыруды ішінара кеңейту арқылы өтей алады. Бұл жағдайда елеулі кеңеюге жол беруге болмайды, өйткені кері әсер алуға болады.

Аралас байланыстырғыш зат болып табылатын композициялық байланыстырғыш зат гидраттану және қатаю, химиялық қоспаларды енгізу және т. б. кезінде көлемін өзгертуге қабілетті.

Гидраттану кезінде цемент тасының көлемінің өзгеруін зерттеу нәтижесінде гидраттану кезінде цемент тасының кеңеюі композициялық байланыстырғыш зат құрамына, атап айтқанда әк пен күлдің мөлшеріне, сондай-ақ химиялық қоспаларға байланысты екендігі анықталды. 3-кестеден композициялық байланыстырғыш зат құрамын өзгерту арқылы Лосье классификациясы бойынша аздап кеңейетін, орташа кеңейетін және отырмайтын композициялар алуға болатынын көреміз.

3-кесте – Қатаю кезінде композициялық байланыстырғыш затты цемент тасының сызықтық ұлғаюы

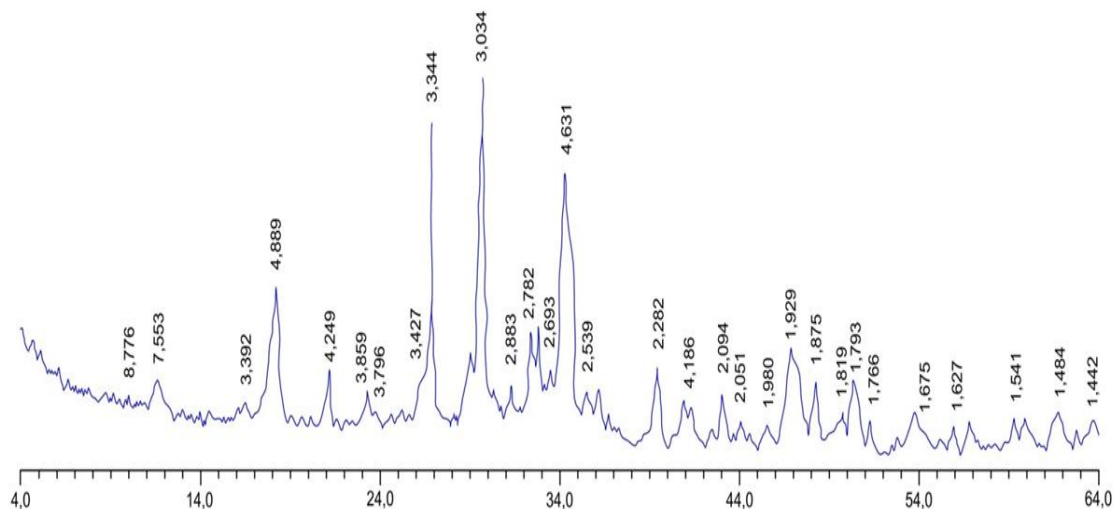
№	Химиялық қоспа		Сызықтық ұлғаю, мм			
	Түрі	Мөлшері, %	Қалыпты жағдайда қатаюдан кейін көрсетілген мерзімде			Булаудан кейін
			4 сағат	24 сағат	28 тәулік	
1	-	-	3,56	5,97	6,55	6,74
2	Гипс	0,5	9,64	10,3	10,8	10,8
3	Na ₂ SO ₄	2	6,26	7,23	7,23	9,16
4	Al ₂ (SO ₄) ₃	2	0,19	0,48	0,48	0,58
5	Fe ₂ (SO ₄) ₃	2	0,28	0,86	0,96	1,1
6	CaCl ₂	1	0,38	0,86	1,06	1,16

Ескерту: Композициялық байланыстырғыш зат құрамы 1-кесте бойынша №2

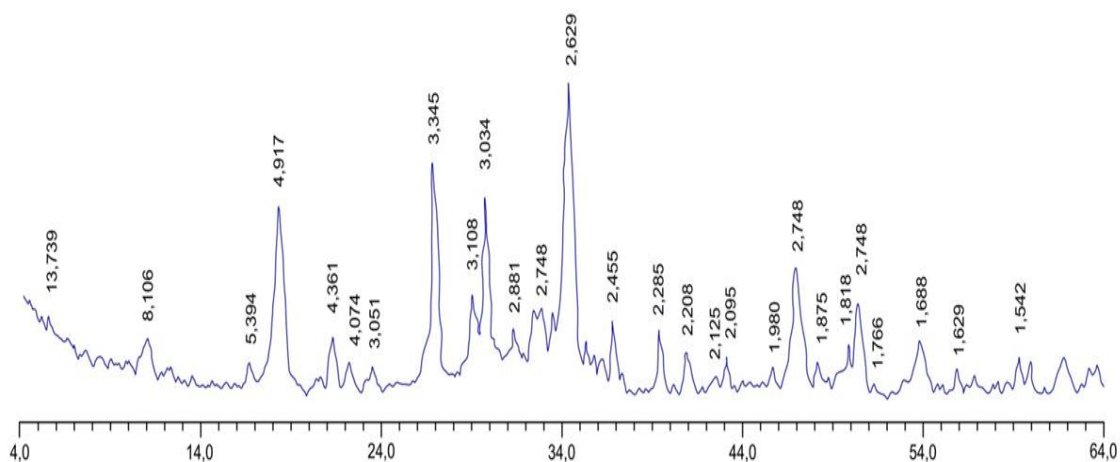
Композициялық байланыстырғыш заттың гидраттануы кезінде цемент тасының кеңеюі Са(ОН)₂ түзілуімен кальций оксидінің гидраттануы барысында «қопсу» құбылысынан туындайды. Кальций оксиді сумен әрекеттескенде өте ұсақ, борпылдақ ұнтақ түрінде Са(ОН)₂ түзеді. Бұл құбылыстың алдын алу үшін композициялық байланыстырғыш затына алюминий, темір сульфаттары немесе темір, кальций, натрий хлоридтері сияқты химиялық қоспалар қосу қажет. Композициялық байланыстырғыш заттың гидраттануы кезінде бұл тұздар кальций оксидімен әрекеттесіп, қосылыстар түзеді, олар өте жұқа қабықшалар түрінде кальций оксидінің бөлшектерін орап, оның сумен реакциясын күрт төмендетеді, монолитті қатайтын жүйенің «қопсымай» пайда болуын

және қоспа компоненттерін өзгерту арқылы тәжірибеде талап етілетін шектерде реттеуге бағынатын көлемді деформациялану қасиетін қамтамасыз етеді.

2 және 3-суретте CaCl_2 және Fe_2SO_4 қосылған композициялық байланыстырғыш зат цемент тасының рентгенограммасы көрсетілген. Бірінші рентгенограммада гидраттану кезінде кальций алюминатының гидромоноклориді түзілгені көрінеді. Екінші рентгенограммада гидроферриттердің, кальций гидросульфферриттерінің пайда болуын көрсететін сызықтар табылды.



2-сурет – CaCl_2 қосылған композициялық байланыстырғыш зат үлгісінің рентгенограммасы



3-сурет – Fe_2SO_4 қосылған композициялық байланыстырғыш зат үлгісінің рентгенограммасы

Қатаятын жүйенің кеңеюін реттеуде әк пен күлдің арақатынасы да маңызды роль атқарады, өйткені олардың кальций гидроксидіне қарағанда тығыз құрылымы бар гидратация өнімдерін шығарудағы өзара әрекеттесуі цемент тасының сызықтық кеңеюін реттеуге мүмкіндік береді.

Цемент тасының көлемдік өзгерістерін реттеу фактісі жарылуға төзімділігі жоғары отырмайтын, әлсіз және күшті кеңейетін қоспаларды алуға мүмкіндік береді. Бұл әсіресе майда түйіршікті бетоннан конструкциялар өндіру үшін өте маңызды.

4-ші кестеде құрамы байланыстырғыш зат: құм = 1: 3 қатынастағы, композициялық байланыстырғыш зат негізіндегі майда түйіршікті (құмды) бетонның кеңеюін өлшеу нәтижелері келтірілген.

4-кесте – Майда түйіршікті (күмді) бетонның сызықтық ұлғаюы

№	Химиялық қоспа		В/Ц	Сызықтық ұлғаю,мм			
	Түрі	Мөлшері, %		Қалыпты жағдайда қатаюдан кейін, көрсетілген мерзімде			Булаудан кейін
				4 сағат	24 сағат	28 тәулік	
1	-	-	0,5	0,09	1,83	1.83	1.93
2	Fe ₂ (SO ₄) ₃	2	0,6	0	0.38	0.43	0.48
3	Na ₂ SO ₄	2	0,4	0,77	6,08	6.55	6.75
4	Гипс	2	0,4	1,16	6,31	7.03	7.13
5	CaCl ₂	2	0,48	1,83	3,37	2.02	3.36

Ескерту: Композициялық байланыстырғыш заттың құрамы 1 кесте бойынша №2

Бұл деректерден майда түйіршікті бетонның қатаюдың бастапқы кезеңінде кеңеюге ие болатынын көреміз. Бүмен өңдеу кезінде кеңею мөлшерінің жоғарылауы байқалады, бұл жоғары температура жағдайында жаңа түзілістер кристалдарының іріленуімен түсіндіріледі.

Қорытындылар

1. Майда түйіршікті бетондарды жасау кезінде қоспаның құрамдас бөліктерінің құрылымы мен орналасуына, сондай-ақ байланыстырғыш зат пен бетонның қатаю кезіндегі деформациясына назар аудару қажет.

2. Композициялық байланыстырғыш затты қолдану перспективалы шешім болып табылады, өйткені ол цемент тасының да, ұсақ түйіршікті бетонның да кеуектілігі мен отыруын азайтуға, байланыстырғыш заттың қымбат клинкерлік бөлігінің шығынын азайтуға мүмкіндік береді. Цемент тасының көлемдік өзгерістерін реттеу кеңеюі әртүрлі дәрежедегі қоспаларды алуға мүмкіндік береді.

3. Химиялық қоспаларды қолдану цемент тасының тығыздалуына және макрокеуектерді ірілігінің ыдырауына әкеледі, бұл ұсақ түйіршікті бетондардың беріктігіне, аязға төзімділігіне және су өткізбеушілігіне оң әсер етеді.

Әдебиеттер:

[1] **Баженов, Ю.М.** Модифицированные высококачественные бетоны / Ю.М. Баженов, В.С. Демьянова, В.И. Калашников. – МоскБЗа: Изд-во Ассоц. строительных вузов, 2006. – 368 с.: ил., табл.: 21 см.; ISBN 5-93093-422-3.

[2] **Bazhenov, Y., Bulgakov B., Alexandrova O.** Modified fine-grained concrete for facing and repair of the hydraulic structures. MATEC Web of Conferences 5th International Scientific Conference “Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education”, IPICSE 2016. 2016; 03009. DOI: 10.1051/matecconf/20168603009. Д л я ц и т и р о в а н и : Харченко А.И., Алексеев В.А., Харченко И.Я., Баженов Д.А. Структура и свойства мелкозернистых бетонов на основе композиционных вяжущих // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 3. С. 322–331. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2019.3.322-331>

[3] **Баженов, Ю.М.,** Воронин В.В., Алимов Л.А., Соловьев В.Н., Ларсен О.А. Эффективные малоцементные бетоны // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – Том 9. – №6 (2017) <https://naukovedenie.ru/PDF/57TVN617.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

[4] **Bakhrakh, A., Solodov A., Larsen O., Naruts V., Aleksandrova O., Bulgakov B.** SCC with high volume of fly ash content. MATEC Web of Conferences International Science Conference SPbWOSCE-2016 “SMART City”. 2017; 106:03016. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201710603016>

[5] **Баженов, Ю.М.,** Чернышов Е.М., Коротких Д.Н. Конструирование структур современных бетонов: определяющие принципы и технологические платформы // Строительные материалы, 2014. – №3. – С. 6-14.

[6] **Харченко, А.И.,** Алексеев В.А., Харченко И.Я., Баженов Д.А. Структура и свойства мелкозернистых бетонов на основе композиционных вяжущих // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 3. С. 322–331. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2019.3.322-331>

- [7] **Qi Cao**, Zhongguo John Ma. Structural behavior of FRP enclosed shrinkage-compensating concrete (SHCC) beams made with different expansive agents. *Construction and Building Materials*. 2015; 75:450-457. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.11.045>
- [8] **Харченко, И.Я.**, Пустовгар А.П., Пашкевич С.А., Еремин А.В., Иванова И.С., Баженов Ю.М., Харченко А.И. Гидратация и структурообразование при твердении расширяющихся цементов в условиях ограниченных деформаций // *Инженерно-строительный журнал*, 2017. – №7 (75). – С. 161–170.
- [9] **Alekseev, V.A.**, Bazhenov Yu.M., Bazhenova S.I., Bazhenova O.Yu., Golovashchenko N.A., Mironchuk N.S. Modified binder for sprayed concrete. *BST — Bulletin of Construction Equipment*. 2018; 5(1005):18-19.
- [10] **Ahmed, T.** ECO-UHPC with High-Volume Class-F Fly Ash: New Insight into Mechanical and Durability Properties // *Journal of Materials in Civil Engineering*, 2021. – № 33. – Vol. 7. URL: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29MT.1943-5533.0003726> (дата обращения: 07.11.2021).
- [11] **Рязанов, А.Н.**, Рахимов Р.З., Винниченко В.И., Рязанов А.А., Рахимова Н.Р., Недосеко И.В. Энергоэффективная совмещенная технология композиционных вяжущих // *Строительные материалы*. 2019. №12. С. 62–67. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-777-12-62-67>
- [12] **Carballosa, P.**, García Calvo J.L., Revuelta D., Sánchez J.J., Gutiérrez J.P. Influence of cement and expansive additive types in the performance of selfstressing and self-compacting concretes for structural elements. *Construction and Building Materials*. 2015; 93:223-229. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.05.113>
- [13] **Bazhenov, Y.M.**, Erofeev V.T., Rimshin V.I., Markov S.V., Kurbatov V.L. Changes in the topology of a concrete porous space in interactions with the external medium. *Engineering Solid Mechanics*. 2016; 4:219225. <https://doi.org/10.5267/j.esm.2016.5.001>
- [14] **Apih, T.**, Lahajnar G., Sepe A., Blinc R., Milia F., Cvelbar R. et al. Proton spin–lattice relaxation study of the hydration of self-stressed expansive cement. *Cement and Concrete Research*. 2001; 31(2):263-269. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(00\)00460-9](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(00)00460-9)
- [15] **Соловьев, В.И.**, Ткач Е.В., Серова Р.Ф., Тоимбаева Б.М., Сейдинова Г.А. Исследование пористости цементного камня, модифицированного органоминеральными модификаторами // *Фундаментальные исследования*. 2014. №8-3. С.590-595
- [16] **Волженский, А.В.**, Байтасов К. и др. Авторское свидетельство № 1693856.

References:

- [1] **Bazhenov, Ju.M.** Modificirovannye vysokokachestvennye betony / Ju.M. Bazhenov, V.S. Dem'janova, V.I. Kalashnikov. – MosKBZa: Izd-vo Assoc. stroitel'nyh vuzov, 2006. – 368 s.:il., tabl.: 21 sm.; ISBN 5-93093-422-3. [in Russian]
- [2] **Bazhenov, Y.**, Bulgakov B., Alexandrova O. Modified fine-grained concrete for facing and repair of the hydraulic structures. *MATEC Web of Conferences 5th International Scientific Conference “Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education”, IPICSE 2016*. 2016; 03009. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20168603009>.
- [3] **Bazhenov, Ju.M.**, Voronin V.V., Alimov L.A., Solov'ev V.N., Larsen O.A. Jefferktivnye maloshhebenochnye betony // *Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE» Tom 9, №6 (2017)* <https://naukovedenie.ru/PDF/57TVN617.pdf> (dostup svobodnyj). Zagl. s jekrana. Jaz. rus., angl. [in Russian]
- [4] **Bakhrakh, A.**, Solodov A., Larsen O., Naruts V., Aleksandrova O., Bulgakov B. SCC with high volume of fly ash content. *MATEC Web of Conferences International Science Conference SPbWOSCE-2016 “SMART City”*. 2017; 106:03016. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710603016>
- [5] **Bazhenov, Ju.M.**, Chernyshov E.M., Korotkih D.N. Konstruirovaniye struktur sovremennyh betonov: opredelajushhie principy i tehnologicheskie platformy. *Stroitel'nye materialy*. 2014;3: S. 6-14 [in Russian]
- [6] **Harchenko, A.I.**, Alekseev V.A., Harchenko I.Ja., Bazhenov D.A. Struktura i svojstva melkozernistyh betonov na osnove kompozicionnyh vjzhashhih // *Vestnik MGSU*. 2019. T. 14. Vyp. 3. S. 322–331. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2019.3.322-331> [in Russian]
- [7] **Qi Cao**, Zhongguo John Ma. Structural behavior of FRP enclosed shrinkage-compensating concrete (SHCC) beams made with different expansive agents. *Construction and Building Materials*. 2015; 75:450-457. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.11.045>

- [8] **Harchenko, I.Ja.**, Pustovgar A.P., Pashkevich S.A., Eremin A.V., Ivanova I.S., Bazhenov Ju.M., Harchenko A.I. Gidratacija i strukturoobrazovanie pri tverdenii rasshirajushhija cementov v uslovijah ogranichennoj deformacij // Inženerno-stroitel'nyj zhurnal. 2017. № 7(75). S. 161–170. [in Russian]
- [9] **Alekseev, V.A.**, Bazhenov Yu.M., Bazhenova S.I., Bazhenova O.Yu., Golovashchenko N.A., Mironchuk N.S. Modified binder for sprayed concrete. BST – Bulletin of Construction Equipment. 2018; 5(1005):18-19.
- [10] **Ahmed, T.** ECO-UHPC with High-Volume Class-F Fly Ash: New Insight into Mechanical and Durability Properties // Journal of Materials in Civil Engineering. – 2021. – No. 33. – Vol. 7. URL: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29MT.1943-5533.0003726> (дата обращения: 07.11.2021).
- [11] **Rjazanov A.N.**, Rahimov R.Z., Vinnichenko V.I., Rjazanov A.A., Rahimova N.R., Nedoseko I.V. Jenergojeffektivnaja sovmeshennaja tehnologija kompozicionnyh vjazhushhih // Stroitel'nye materialy. 2019. № 12. S. 62–67. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-777-12-62-67>. [in Russian]
- [12] **Carballosa, P.**, García Calvo J.L., Revuelta D., Sánchez J.J., Gutiérrez J.P. Influence of cement and expansive additive types in the performance of self-stressing and self-compacting concretes for structural elements. Construction and Building Materials. 2015; 93:223-229. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.05.113>
- [13] **Bazhenov, Y.M.**, Erofeev V.T., Rimshin V.I., Markov S.V., Kurbatov V.L. Changes in the topology of a concrete porous space in interactions with the external medium. Engineering Solid Mechanics. 2016; 4:219225. <https://doi.org/10.5267/j.esm.2016.5.001>
- [14] **Apih, T.**, Lahajnar G., Sepe A., Blinc R., Milia F., Cvelbar R. et al. Proton spin–lattice relaxation study of the hydration of self-stressed expansive cement. Cement and Concrete Research. 2001; 31(2):263-269. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(00\)00460-9](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(00)00460-9)
- [15] **Solov'ev, V.I.**, Tkach E.V., Serova R.F., Toimbaeva B.M., Sejdinova G.A. Issledovanie poristosti cementnogo kamnja, modificirovannogo organomineral'nymi modifikatorami//Fundamental'nye issledovanija. 2014. №8-3. S.590-595. [in Russian]
- [16] **Volzhenskij, A.V.**, Baitasov K. i dr. Avtorskoe svidetel'stvo № 1693856. [in Russian]

ПРЕДПОСЫЛКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО ВЯЖУЩЕГО ДЛЯ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ БЕТОНОВ

Байтасов К., кандидат технических наук, доцент

Удербасов С.С., доктор технических наук, доцент

Жапахова А.У. кандидат технических наук, ассоциированный профессор

Бағдат Е.А. магистрант 1-курса ОП 7М07366 – Производство строительных материалов, изделий и конструкций

Кызылординский университет имени Коркыт Ата, г.Кызылорда, Казахстан

Аннотация. В настоящее время мелкозернистый бетон, как конструкционный материал гражданского и промышленного строительства, изучается в строительном материаловедении непрерывно. Такой интерес обусловлен расширением области применения мелкозернистых бетонных смесей. Применение мелкозернистых бетонных смесей позволяет обеспечить качественное бетонирование, сократить трудозатраты на возведение сложных монолитных железобетонных конструкций. Необходимость широкого внедрения в строительную практику мелкозернистых бетонов обусловлена также дефицитом качественного крупного заполнителя, необходимого для приготовления эффективных бетонов и железобетонных конструкций.

Широкое внедрение мелкозернистых бетонов в практику строительства ограничивается их повышенной усадкой, высокими показателями пористости, низкой трещиностойкости, повышенным расходом вяжущего. В связи с этим разработка мелкозернистых бетонов, обладающих повышенными эксплуатационными свойствами является актуальной задачей. Эта задача требует комплексного подхода, включающего разработки вяжущего, подбора оптимального состава, а также разработки технологических регламентов. При этом необходимо учитывать особенности твердения и эксплуатации таких бетонов. Поэтому важно рассмотреть вопрос создания композиционного вяжущего, обладающего наилучшими показателями.

В работе представлены результаты исследования основных свойств композиционного вяжущего, состоящего из портландцемента, негашеной извести и активной минеральной добавки. Возможность значительного улучшения данной композиции обусловлена сочетанием портландцемента с известью и кислых активных минеральных добавок.

Ключевые слова: мелкозернистый бетон, портландцемент, зола-унос, известь, активная минеральная добавка, гидратация, усадка, плотность, прочность, пористость.

PREREQUISITES FOR THE USE OF COMPOSITE BINDERS FOR FINE-GRAINED CONCRETE

Baitasov K. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Uderbayev S.S. Doctor of Technical Sciences, professor

Zhapakhova A.U. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Bagdat E. 1st-year Master's student of the educational program 7M07366 – Production of Construction Materials, Products and Structures

Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan

Annotation. Currently, fine-grained concrete, as a structural material for civil and industrial construction, is continuously studied in building materials science. This interest is due to the expansion of the field of application of fine-grained concrete mixtures. The use of fine-grained concrete mixes makes it possible to ensure high-quality concreting and reduce labor costs for the construction of complex monolithic reinforced concrete structures. The need for widespread introduction of fine-grained concrete into construction practice is also due to the shortage of high-quality coarse aggregate necessary for the preparation of effective concrete and reinforced concrete structures. The widespread introduction of fine-grained concretes into construction practice is limited by their increased shrinkage, high porosity, low crack resistance, and increased binder consumption. In this regard, the development of fine-grained concretes with enhanced performance properties is an urgent task.

This task requires an integrated approach, including the development of a binder, the selection of the optimal composition, as well as the development of technological regulations. At the same time, it is necessary to take into account the peculiarities of hardening and operation of such concretes. Therefore, it is important to consider creating a composite binder with the best performance. The paper presents the results of a study of the basic properties of a composite binder consisting of Portland cement, quicklime and an active mineral additive. The possibility of a significant improvement in this composition is due to the combination of Portland cement with lime and acidic active mineral additives.

Keywords: fine-grained concrete, Portland cement, fly ash, lime, active mineral additive, hydration, shrinkage, density, strength, porosity.