

Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

ӘОЖ 691.32

Қолжазба құқығында

**ДЖЕТПИСБАЕВА АЙНУР ЖЕҢІСБЕКҚЫЗЫ**

**Кешенді химиялық қоспасы бар ұсақ түйіршікті өзін-өзі нығайтатын  
бетон**

8D07305- «Құрылыс және құрылыс материалдары мен құрылымдарын  
өндіру»

Философия докторы (PhD)  
дәрежесін алу үшін дайындалған диссертациясы

Ғылыми жетекші:  
т.ғ.д., профессоры, ҚР ҰИА академигі  
Ақмалайұлы Кенжебек

Шет елдік ғылыми жетекші:  
Философия докторы PhD  
Ким Кванг Дон  
Оңтүстік Корея

Қазақстан Республикасы  
Алматы, 2023

## МАЗМҰНЫ

<b>НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР</b>	4
<b>АНЫҚТАМАЛАР, БЕЛГІЛЕР ЖӘНЕ ҚЫСҚАРТУЛАР</b>	5
<b>КІРІСПЕ</b>	6
<b>1 ШЕШІЛЕТІН ҒЫЛЫМИ-ТЕХНИКАЛЫҚ ПРОБЛЕМАНЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАЙ-КҮЙІН БАҒАЛАУ</b>	12
1.1. Өздігінен нығыздалаты бетон қоспасы мен бетонның құрамы, құрылымы және қасиеті	12
1.2. Өздігінен нығыздалатын бетон қоспаларының құрамындағы суперпластификаторлардың тиімділігі	17
1.3. Өздігінен нығыздалатын бетон құрылымындағы минералды қоспалар мен толтырғыштардың рөлі	22
1.4. Өнеркәсіп қалдықтарына негізделген полифункционалды органоминералды модификаторлар	26
1 тарау бойынша қорытынды	28
<b>2 ЗЕРТТЕУ ҮШІН ҚАБЫЛДАНҒАН БАСТАПҚЫ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ӘДІСТЕРІ МЕН ӘДІСТЕРДІҢ СИПАТТАМАСЫ</b>	30
2.1. ҰТӨНБ құрамдарын іріктеу үшін шикізат базасын зерделеу	30
2 Тарау бойынша қорытындылар	57
<b>3 ЗЕРТТЕУДІҢ ТЕОРИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ӘДІСНАМАЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ</b>	59
3.1 ҰТӨНБ зерттеудің теориялық негіздері	59
3.2 Зертханалық және өндірістік зерттеулер әдістемесі	59
Ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетонның құрамын таңдау кезінде проблемалар мен міндеттерді анықтау	60
3.3 Құрамды таңдау әдістерін талдау	61
3 тарау бойынша қорытындылар	65
<b>4 ҰТӨНБ құрамының эксперименттік зертханалық және өндірістік сынақтары</b>	67
4.1. Ұсақ түйіршікті бетон қоспасының қажетті физикалық-техникалық сипаттамаларын анықтау үшін зертханалық сынақтар жүргізу және деректерді талдау	67
4.2. ҰТӨНБ-тың физикалық-техникалық сипаттамаларына әсер ететін факторларды анықтау	74
4.3. ҰТӨНБ құрамын таңдау	79
4.3.1 В30 класты М400 маркалы ҰТӨНБ құрамын теориялық іріктеу	79
4.3.2 Нәтижелерді зертханалық сынақтан өткізу	81
4.3.3 Нәтижелерді өндірістік сынақтан өткізу	84
4.3.3.1 Зауыт өндірісінің және БАҚ жұмысының ағымдағы технологиялық процесін зерделеу	85
4.3.3.2 Ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетон қоспасының сынақ илеуі	86

4.3.3.3 Өндірістік тексеру нәтижелері бойынша ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетон қоспасының құрамын түзету	87
4.3.3.4 Бұйымдарға физикалық-механикалық сынақтар жүргізу	88
4 бойынша қорытындылар	90
<b>5 ҰСАҚ ТҮЙІРШІКТІ БЕТОН ҚОСПАЛАРЫН ӨНДІРУ ҮШІН ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСТІ ОҢТАЙЛАНДЫРУ</b>	94
5.1 Тауарлық бетондарды өндіруге арналған технологиялық желінің ағымдағы жай-күйі	94
5.2 ҰТӨНБ-ты сәтті шығару үшін өндіріс процесін өзектендіру	96
5 тарау бойынша қорытындылар	97
<b>6 ҰСАҚ ТҮЙІРШІКТІ ӨЗДІГІНЕН НЫҒЫЗДАЛАТЫН БЕТОНДАРДЫ ҚОЛДАНУДЫҢ ЭКОНОМИКАЛЫҚ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ</b>	98
6.1 құрылыста ҰТӨНБ қолданудың технологиялық артықшылықтары	98
6.2 ҰТӨНБ қолданудың экономикалық әсері	99
6.3 ҰТӨНБ қолдану арқылы төсеуді жүзеге асыруға арналған ұсыныстар	100
6.3.1 ҰТӨНБ қабылдау, төсеу және күту ерекшеліктері	100
6.3.2 Құрылыс алаңында ҰТӨНБ қабылдау	101
6.3.3 ҰТӨНБ төсеу	101
6.3.4 Күтім	104
6 тарау бойынша қорытындылар	105
<b>ҚОРЫТЫНДЫ</b>	107
<b>ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ</b>	110
<b>ҚОСЫМША А</b>	

## НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

Осы диссертацияда келесі стандарттарға сілтемелер қолданылған:

МЕМСТ 7473 – 2010 «Бетон қоспалары. Техникалық шарттар»

МЕМСТ 8736-2014 «Құрылыс жұмыстарына арналған құм. Техникалық шарттар»

МЕМСТ 8735-88 (СЭВ СТ 5446-85) СЭВ СТ 6317-88 «Құрылыс жұмыстарына арналған құм. Сынақ әдістері»

МЕМСТ 10180-2012 «Бетондар. Бақылау үлгілері бойынша беріктікті анықтау әдістері»

МЕМСТ 10181-2014 «Бетон қоспалары және сынақ әдістері»

МЕМСТ 23732-2011 (EN 1008:2002, NEQ) (EN 206-1:2000, NEQ) «Бетондар мен ерітінділерге арналған су. Техникалық шарттар»

МЕМСТ 24211-2008 «Бетондар мен ерітінділерге арналған қоспалар. Жалпы техникалық шарттар»

МЕМСТ 25192-2012 «Бетондар. Жіктеу. Жалпы техникалық талаптар»

МЕМСТ 25192-2012 «Құрылысқа арналған бетон және темірбетон бұйымдары. Жалпы техникалық талаптар. Қабылдау, таңбалау, тасымалдау және сақтау қағидалары»

МЕМСТ 30459-2008 «Бетондар мен ерітінділерге арналған қоспалар. Тиімділікті анықтау және бағалау»

МЕМСТ 30515-2013 «Цементтер. Жалпы техникалық шарттар»

МЕМСТ 30744-2001 «Цементтер. Полифракциялық құмды қолдану арқылы сынау әдістері»

## АНЫҚТАМАЛАР, БЕЛГІЛЕР ЖӘНЕ ҚЫСҚАРТУЛАР

Осы диссертацияда келесі анықтамалар, белгілер мен қысқартулар қолданылады:

**Өздігінен нығыздалатын бетон (ӨНБ)** – өз салмағының әсерінен нығыздалуға қабілетті бетон қоспасынан жасалған бетон

**RILEM** – құрылыс материалдарын, жүйелері мен конструкцияларын сынау жөніндегі сарапшылар мен зертханалардың халықаралық одағы (Reunion Internationale des laboratoires et experts des materiaux, systemes de construction et ouvrages)

**Ұсақ түйіршікті бетон** – нығыз ұсақ ірі толықтырғышы бар цемент байланыстырғыш бетон

**ЖШС** – жауапкершілігі шектеулі серіктестік

**ЖЭС** – жылу электр станциясы

**ҰТӨНБ** – ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетон

**ҒЗЖ** – Ғылыми - зерттеу жұмысы

**The European Guidelines for Self-Compacting Concrete** - өздігінен нығыздалатын бетонға арналған еуропалық Нұсқаулық

**SCC** – self-compacting concrete

**NVC** – non-vibrated concrete

**SQC** – super quality concrete

**С/Ц** – су-цемент қатынасы.

**М** – бетон маркасы

**В** – бетон класы

**КСРО** – Кеңес Социалистік Республикалар Одағы

**ҰДК** – ұсақ дисперсті компонент

**Ц / С** – цемент-су қатынасы

**Қ / С** – құм-цемент қатынасы

**БАҚ** – бетон араластырғыш қондырғы

**КЦ** – композициялық цемент

**ПЦ** – портландцемент

**ББЗ** – Беттік белсенді заттар

**М<sup>к</sup>** – құмның түйіршіктілік модулі

**SNF** – сульфатталған нафталиннің конденсация өнімдері

**SMF** – формальдегидті меламина сульфокышқылдары

**MLST** – модификацияланған техникалық лигносульфонаттар

**Р** – полимерлер

**PCE** – поликарбонат эфирі

**Lig** – лигносульфонат

## КІРІСПЕ

**Тақырыптың өзектілігі.** Тақырыптың өзектілігі құрылыс жұмыстарын өндіруге және қолданылатын құрылыс материалдары мен өнімдеріне қойылатын заманауи талаптарға байланысты. Сондай-ақ, әлемдік құрылыстың бағыты мен үрдістері және Қазақстан Республикасындағы құрылыс саласының даму үрдістері осы индустрияны өндіріс қалдықтарын кеңінен қолдануға арналған алаң ретінде айқындайды.

Екі негізгі фактор бетон қоспаларын өндірудің технологиялық процесін дамытуға және жетілдіруге және олардан темірбетон конструкцияларын қалыптастыруға әсер етеді. Бір жағынан, бұл берік және ұзақ мерзімді бетон алу, екінші жағынан, бұл бетон өндірісіндегі еңбек пен энергия шығындарының төмендету. Алайда, бұл екі фактор ұзақ уақыт бойы қарама-қайшылықты болып қала берді, өйткені, жоғары беріктігі бар және ұзақ мерзімді бетондарды алу үшін олардың құрамдары су-цемент қатынасының төмен мәнімен жобаланған, бұл өз кезегінде қатты бетон қоспаларына әкелді. Сондықтан, қалыптарды араластыру, төсеу және дірілмен нығыздау кезінде жоғары энергия шығындарын қажет етеді.

Энергия шығыны мен еңбек сыйымдылығының артуы бетон қоспаларын өндірудің технологиялық процесінде маңызды мәселе болып табылады. Алайда, бұрын жоғары қозғалмалы бетон қоспаларын алу мүмкіндігі, әдетте, су шығынының жоғарылауымен қол жеткізілді. Бұл бетонның беріктігі мен ұзақ мерзімділігінің төмендеуіне әкелді.

Аграрлық секторды дәстүрлі қолдаудан басқа, ауыл шаруашылығы өнімдерін терең өңдеуге, тамақ, тоқыма өнеркәсібін дамытуға, құрылыс материалдарын өндіруге және басқа да өнеркәсіптік секторларға аса маңызды назар аудару қажет.

Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, қазіргі уақытта кез-келген ғылыми-зерттеу жобасы ғылыми жұмыстың нәтижелерін енгізу мүмкін болатындай және экономикалық тұрғыдан тиімді болатындай етіп өндірістік процесті немесе құрылыс жұмыстарын жүргізу процесін оңтайландыруға бағытталуы керек, бұл осы жұмыста көрінеді.

Сонымен қатар, Қазақстан Республикасының аумағында өздігінен нығыздалатын бетондарды әзірлеу тәжірибесінің болуы, өздігінен нығыздалатын бетондар, атап айтқанда, ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетондар құрылыс индустриясына зерделеу және одан әрі енгізу үшін өзекті бағыт болып табылатыны туралы деректер растайды.

Әлемдік тәжірибе көрсеткендей, өздігінен нығыздалатын бетонды әзірлеу құрылыс индустриясының өсіп келе жатқан қажеттіліктерін қамтамасыз ету үшін қажеттілік болып табылады. Құрылыс саласындағы жаңа жобалардың пайда болуы (мысалы, Жапония мен Қытайдағы ұзартылған аспалы көпірлер, Голландиядағы ірі гидротехникалық және көлік құрылыстарының кешендері және басқалары) ерекше беріктігі жоғары бетондарға қойылатын талаптарды арттырды. Мұндай құрылымдарды салу

кезінде құйма қоспаларын үлкен көлемде пайдалану қажет болды. Көбінесе бетондау учаскелері бетон өндірілетін жерден үлкен қашықтықта және тіпті жағалаудан (суда) едәуір қашықтықта болды. Дәл осындай үрдіс ҚР-да байқалады. Бүгінгі таңда құрылысшылар мен сәулетшілердің алдында болашақ құрылымды модельдеу ғана емес, сонымен қатар жобаны жүзеге асыруға болатын құрылыс материалдарын таңдау міндеті тұр. Мұнда қиындықтар туындайды, яғни инженерлік ой күрделі геометриялық пішінді құрылымдарды, нығыз арматураланған ірі құрылымдарды құю мүмкін дігімен шектеледі. Бұл міндеттер мен мәселелерді ұсақ түйіршікті ӨНБ көмегімен шешуге болады. Сонымен қатар, тезірек шешуді қажет ететін тағы бір міндет – бетон қоспасын нығыздау уақыты мен еңбек шығындарын азайту, сондай-ақ ерте уақытта беріктіктің жоғарылауы. Біртұтас құрылыста және темірбетон бұйымдарын өндіруде өздігінен нығыздалатын бетондарды пайдалану тікелей зауыттарда дірілді толығымен қайта бөлуге жол берілмейді, осылайша қоршаған ортаға және өндірістік ортаға шу жүктемесін азайтады.

Ғылыми - зерттеу жұмысын орындау ұсақ түйіршікті бетонның технологиялық қолданылатын және тұрақты құрамын әзірлеуге мүмкіндік береді, оның негізінде құрылыс индустриясында ҰТӨНБ төсеу және қолдану жөніндегі ұсыныстар сипатталатын болады. Диссертациялық жұмысты орындау барысында өздігінен нығыздалатын бетондарды төсеу құрамы мен әдістері бойынша ғылыми-техникалық және патенттік әдебиеттерге талдау жүргізілді.

Жоғарыда сипатталғандай, Қазақстан Республикасының аумағында ӨНБ құрамын және оны төсеу әдісін әзірлеу тұрғысынан зерттеулер жүргізілді. Бұл зерттеулердің нәтижелері патенттерде көрсетілген.

Патенттік зерттеулердің нәтижелері Қазақстан Республикасының аумағында диссертация тақырыбы бойынша ғылыми ізденістер патенттелмеген деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді, бұл мемлекет шеңберіндегі зерттеулердің жаңалығы мен өзектілігін дәлелдейді.

Сондай-ақ жақын және алыс шет елдерде бар әзірлемелер зерттелді. Ресей Федерациясында микрокальцит минералды қоспа ретінде қолданылатын ұсақ түйіршікті құйылған бетондардың құрамын әзірлеу бойынша патенттелген ғылыми зерттеулер жүргізілді.

Еуропалық тектегі әдебиеттер мен ғылыми дерек көздерді зерттей отырып, бұл бағыт жаңа емес деген қорытынды жасауға болады, өздігінен нығыздалатын бетондар салыстырмалы түрде ұзақ уақыт бойы зерттелген, бірақ ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетон қоспаларын қолдану кең таралған емес, көбінесе стандартты өздігінен нығыздалатын бетон қолданылады, поликарбонат эфирлеріне негізделген химиялық қоспаларды қолдану.

Ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізу қажеттілігі өздігінен нығыздалатын бетондардың, атап айтқанда ұсақ түйіршікті ӨНБ-дардың кеңінен қолданылатын құрамдарының болмауымен негізделген. Ғылыми, зертханалық және өндірістік зерттеулер жүргізу, өндірушілерге Қазақстан

Республикасының аумағында ҰТӨНБ өндіру, төсеу және қолдану жөнінде ұсынымдар беру қажет.

Еуропа елдерінде өздігінен нығыздалатын ұсақ түйіршікті бетон саласындағы зерттеулер мен дамудың жоғары деңгейі бар, оның ішінде өндірістік апробация нәтижелері мен қолданыстағы өндірістік желілер бар. Сонымен қатар, Қазақстан Республикасында бұл бағыт тек ғылыми-зерттеу жұмыстары мен сынамалық өндірістік құю деңгейінде тұр. Осыған қарамастан, республикадағы ғалымдар материалдың осы түріне қызығушылық танытуда. «НИИСТРОМПРОЕКТ» ЖШС құрылыс материалдары және жобалау ғылыми-зерттеу институты VI - Group ірі құрылыс холдингімен бірлесіп, 2017 жылғы қаңтар мен 2017 жылғы қараша аралығында Қазақстанның құрылыс нарығына өздігінен тығыздалатын бетондарды құру және енгізу жобасымен жұмыс істеді.

**Диссертациялық жұмыстың мақсаты** жергілікті шикізат негізінде кешенді химиялық қоспасы бар, тиімді пайдалынатын, жоғарғы физика-механикалық және функциональдық қасиетке ие ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетонның құрамын жасау мен оның қасиеттерін теория және тәжірибе жүзінде негіздеу болып табылады.

**Зерттеудің міндеттері, олардың жалпы ғылыми-зерттеу жұмысын орындаудағы орны**

Қойылған мақсатқа сәйкес осы жұмыста мынадай міндеттерді шешу көзделген:

- маркасы М400 болатын, ал класы В30 болатын ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетон алу;
- жоғарыда аталған марканың құрамын жобалау нәтижесінде алынған бетон мен бетон қоспасының физикалық-техникалық сипаттамаларын алу;
- ҰТӨНБ-ты зерттеудің шетелдік және отандық тәжірибесін талдау;
- ҰТӨНБ алудың теориялық және әдіс-намалық негіздерін зерделеу;
- нормативтік құжаттардың талаптарына және қажетті физикалық-техникалық сипаттамаларға жауап беретін өздігінен нығыздалатын бетон қоспасын алу;
- ұсақ түйіршікті бетон қоспасын өндірудің технологиялық процесін зерттеу;
- М400 маркалы В30 қосалқы сыныбының құрамын өндірістік апробациялаудың оң нәтижелерін алу;
- ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетондарды қолданудың экономикалық тиімділігін негіздеу.

**Қойылған міндеттерге қол жеткізу әдістері**

Әдеби талдау: ғылыми және техникалық әдебиеттерге шолу жасау, зерттеу тақырыбына байланысты ең өзекті зерттеулерді, жарияланымдарды, нормативтік құжаттар мен патенттерді зерттеу. Бұл кешенді химиялық қоспамен ұсақ түйіршікті өздігінен тығыздалатын бетон саласындағы негізгі ғылыми жетістіктермен және тәжірибемен танысуға, проблемалар мен



шешілмеген мәселелерді анықтауға, сондай-ақ одан әрі зерттеу бағыттарын анықтауға мүмкіндік береді.

Эксперименттік зерттеу: ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетондағы күрделі химиялық қоспаның әртүрлі құрамдары мен дозаларын пайдалана отырып, зертханалық эксперименттер жүргізу. Талдау әдістері бетонның физикалық-механикалық қасиеттерін анықтауды қамтуы мүмкін, мысалы, сығу беріктігі, иілу беріктігі, суды сіңіру, сондай-ақ оның технологиялық қасиеттерін анықтау, мысалы, қатаю уақыты, сұйықтық, бөлінуге төзімділік және т. б. Эксперименттер халықаралық және ұлттық стандарттар мен нұсқауларға сәйкес жасалуы мүмкін.

Деректерді талдау: статистикалық әдістерді қолдана отырып, эксперименттік және модельдік деректердің нәтижелерін өңдеу және талдау. Бұл алынған нәтижелерді объективті бағалауға, статистикалық маңызды тенденцияларды анықтауға, алынған деректердің сенімділігі мен сенімділік деңгейін анықтауға мүмкіндік береді.

Салыстырмалы талдау: бетонның басқа түрлерімен және бетон қоспаларын тығыздаудың басқа әдістерімен күрделі химиялық қоспасы бар ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетонға салыстырмалы талдау жүргізу. Бұл әзірленген бетонның артықшылықтары мен кемшіліктерін бағалауға, оның бәсекеге қабілеттілігін және мүмкін болатын қолдану салаларын анықтауға мүмкіндік береді.

Техникалық-экономикалық талдау: оны өндіру мен қолданудың экономикалық тиімділігін бағалауды қамтитын кешенді химиялық қоспамен жасалған ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетонға техникалық-экономикалық талдау жүргізу. Бұл әзірленген бетонды іс жүзінде енгізудің экономикалық орындылығын бағалауға мүмкіндік береді.

Нәтижелерді апробациялау: алынған нәтижелерді тәжірибеде апробациялау, құрылыс объектілерінде кешенді химиялық қоспамен әзірленген ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетонға сынақтар жүргізу, оның қасиеттерін нормативтік құжаттардың талаптарымен және қолданыстағы аналогтармен салыстыру. Нәтижелерді сынақтан өткізу әзірленген бетонның нақты жағдайларда қолданылуын тексеруге және оның тиімділігін растауға мүмкіндік береді.

#### **Қорғауға шығарылатын ғылыми нәтижелер (ғылыми ережелер):**

Қорғауға шығарылады:

- Тәжірибелік-эксперименттік зерттеулер бетонның жобаланған құрамдарына сәйкес зерттелген шикізат компоненттерінен ҰТӨНБ алу мүмкіндігін эксперименттік дәлелдеуге бағытталған.
- В30 класты М400 маркалы ҰТӨНБ өндірістік жағдайларда әзірленген және сыналған құрамын алу.
- Оңтайлы әзірленген композициялар негізінде ӨНБ өндірісінің ұтымды технологиялық параметрлерін зерттеу және әзірлеу;
- Ұсынылған техникалық шешімдерді тәжірибелік-өнеркәсіптік енгізу және техникалық-экономикалық бағалау нәтижелері.

**Тақырыптың ғылыми жаңалығы:** ҚР құрылыс алаңдарында ҰТӨНБ қолданудың жоқтығымен негізделген, мұның себебі тауарлық бетон және темірбетон бұйымдарын өндірушілер пайдалана алатын құрамдар мен өндіріс технологияларының болмауы болып табылады. Тауарлық бетон өндіретін зауыттарда шетелдік мамандарды тартпай-ақ ҰТӨНБ өндіру мен пайдалануды жүзеге асыру мүмкіндігі жоқ. Бұл жобаның ғылыми жаңалығы сонымен қатар құрамды таңдау кезінде жергілікті шикізатты 100% пайдалану болып табылады. Жұмысты орындау барысында ҰТӨНБ алудың теориялық және әдіснамалық негіздері жүйеленді, модификатор мен суды сақтайтын қоспаны пайдалана отырып, ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетон қоспасының құрамы әзірленді. Әзірленген құрамды практикалық қолдануды іске асыру мақсатында зауыттық жағдайда бетон қоспасын өндірудің технологиялық процесі талданып, өзектендірілді, өндірушілерге арналған техникалық ұсынымдар әзірленді.

#### **Диссертацияның өндірістік маңызы**

Осы диссертацияның нәтижелері Қазақстанның барлық өңірлерінде өздігінен нығыздалатын бетондарды өндіру үшін маңызды мәнге ие, өйткені олар өндірістің шикізат базасын кеңейтеді және қоспалар үшін жаңа түрлендіруші компоненттерді ұсынады. Бұл дамыған қоспаларды қолдана отырып, энергияны үнемдейтін ӨНБ өндіріс цехтарының құрылысын жобалауға және ұйымдастыруға мүмкіндік береді.

Ұсынылған технологияны қолдану ҰТӨНБ өндірісінде термиялық өңдеу шығындарын 20-25%-ға дейін төмендетуге, сондай-ақ химиялық қоспаларды қолдану және өндіріс қалдықтарын ұтымды кәдеге жарату арқылы экологиялық-экономикалық нәтиже алуға мүмкіндік береді.

#### **Жұмыс нәтижелерін өндіріске енгізу тәжірибесі диссертациялық зерттеу нәтижелері**

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университетінде оқу процесінде пайдаланылады. «Құрылыс материалдарын, бұйымдары мен конструкцияларын өндіру» мамандығының бакалавр студенттері мен магистранттары үшін «Бетон технологиясы», «Құрылыс материалдарының ресурс және энергия үнемдейтін технологиялары», «Жылу окшаулағыш және акустикалық материалдар», «Қайталама шикізат негізінде құрылыс материалдарын өндіру технологиясы», «Құрылыс материалдарының заманауи технологиялары және материалтану» пәндері бойынша дәрістер оқылады. Сондай-ақ, жұмыс нәтижелерін өндіріске енгізу тәжірибесі зауыт базасында Алматы қаласындағы «Темірбетон» ЖШС енгізу актісімен расталады. ҰТӨНБ зертханалық зерттеулердің нәтижелері тәжірибелік-өнеркәсіптік сынақтарда расталды. Дайын өнімнің физикалық-механикалық сипаттамалары нормативтік құжаттардың талаптарын қанағаттандырады. Зерттеу нәтижелерін практикаға енгізу кезінде экологиялық-экономикалық әсер  $1 \text{ м}^3$  4 475 теңгені құрады.

**Ғылыми ережелердің, қорытындылар мен ұсынымдардың негізділігі мен дұрыстығы.**

Зертханалық зерттеулер ең заманауи жабдықты пайдаланатын арнайы аккредиттелген зертханаларда жүргізілді. Зертханалық зерттеулердің нәтижелері тәжірибелік-өнеркәсіптік сынақтармен тексеріліп, расталды және қорытындылар мен ұсыныстарға сәйкес келді.

#### **Автордың жеке үлесі**

ҰТӨНБ құрамын есептеудің бекітілген әдістемелерінің жоқтығын есепке алғанда бетон құрамын есептеу, тақырып бойынша қолда бар тәжірибені талдау және жинақтау болып табылады (өндірістік апробация актісі, 1-ші Қосымшада көрсетілген).

#### **Жұмыстың апробациясы**

1. Akmalaiuly Kenzhebek, Tolegenova Aigerim, Jetpisbayeva Ainur. Forming the structure of composite binders. III международная конференция-симпозиум. «Внедрение достижений науки в практику и устранение в ней деятельности коррупции». Ташкент, Узбекистан 30 ноября 2019 г.

2. Akmalaiuly Kenzhebek, Tolegenova Aigerim, Jetpisbayeva Ainur. Features of structure of formation of polymer cement stone. Proceeding of VI International Conference «Industrial Technologies and Engineering» ICITE – 2019 Shymkent, Kazakhstan October 24-25. 2019. Volume 1, S. 12-15. ISSN 2410-4604

#### **Зерттеу нәтижелерін жариялау**

Диссертация тақырыбы бойынша 3 басылым жарық көрді:

1. Jetpisbayeva A.Zh., Akhmetov D.A., Pukharenko Y.V., Vatin N.I., Akhazhanov S.B., Akhmetov A.R., Uteпов Y.B. The Effect of Low-Modulus Plastic Fiber on the Physical and Technical Characteristics of Modified Heavy Concretes Based on Polycarboxylates and Microsilica. Materials 2022, №15 (2648), 16 p., ISSN 1996-1944, CiteScore-4.2; Procentil-65, Q2

2. Jetpisbayeva A.Zh., Akhmetov D.A., Pukharenko Y.V., Vatin N.I., Akhazhanov S.B., Akhmetov A.R., Uteпов Y.B. Effect of low-modulus polypropylene fiber on physical and mechanical properties of self-compacting concrete. Case Studies in Construction Materials 2022, №16 (2648), 10 p., ISSN 22145095, CiteScore-5.1; Procentil-86, Q1.

3. K. Akmalaiuly, D. Akhmetov, A. Jetpisbayeva, Kwang-Don Kim Effect of fine fillers from industrial waste on the quality of self-compacting concrete. QazBSQA Хабаршысы 2023, №1 (87),. ISSN 2788-6948

#### **Диссертацияның құрылымы мен көлемі**

Диссертациялық жұмыстың құрылымы зерттеудің мазмұны мен мақсаттарына сәйкес келеді және кіріспені, бес бөлімді, қорытындыны, 118 пайдаланылған әдебиеттер тізімі мен 1 қосымшаны қамтиды. Жұмыс көлемі 118 машинкамен басылған мәтін беттерінен, 27 суреттерден және 44 кестелер санын құрайды.

# **1. ШЕШІЛЕТІН ҒЫЛЫМИ-ТЕХНИКАЛЫҚ ПРОБЛЕМАНЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАЙ-КҮЙІН БАҒАЛАУ**

## **1.1. Өздігінен нығыздалаты бетон қоспасы мен бетонның құрамы, құрылымы және қасиеті**

Бетондар (ауыр және ұсақ түйіршікті) азаматтық, өндірістік және басқа да нысандардың жаппай құрылысында қолданылатын негізгі құрылыс материалдарының бірі болып табылады. Қазақстан Республикасы Статистика комитетінің деректері бойынша 2021 жылдың шілдесінде елімізде тауарлық бетон өндірісі 1 304,8 мың тоннаны құрады. Бұл 2020 жылмен салыстырғанда 24,5%-ға, 2019 жылдың шілдесімен салыстырғанда 59,7 %-ға және 2018 жылмен салыстырғанда 30,3%-ға өсті. Бұл жұмыста қарастырылған ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетонның түрі Қазақстан Республикасындағы салыстырмалы түрде жаңа бағыт болып табылады, алайда әлемде кеңінен танымал [1-3].

«Өздігінен нығыздалатын бетон» ұғымын 1986 жылы жапондық профессор Хайим Окамура құрылыс материалдарының терминологиясына енгізді, ол жоғары беріктігі бар бетонды әзірлеу кезінде құрылыс индустриясында тәжірибені жинақтап, зерттелетін және алынған материалды «өздігінен нығыздалатын бетон» деп атауды ұсынды [4-7].

20 ғасырдың аяғында (1980-1982) темірбетоннан жасалған үлкен аралықты аспалы көпірлер салу жобасы әзірленді және енгізілді, олардың өлшемдері рекордтық болуы керек еді. Ең ұзын көпірлердің бірі-Хонсю аралындағы Кобе қаласын Авадзи қаласымен байланыстыратын Акаси Кайкё көпірі (Akashi Kaikyo bridge (明石海峡大), 1998 жылы сәуірде ашылды. Көпірдің үш аралығы бар: әрқайсысының ұзындығы 960 метр болатын екі бөлім және ұзындығы 1991 м болатын орталық аралық. Акаши Кайке көпірінің жалпы ұзындығы - 3911 метр [8].

Осы маңызды және техникалық жағынан күрделі жоба бойынша жұмысты бастамас бұрын, орындаушылар оның құрылысында қолданылатын материалдар туралы мәселе көтерді. Осыған байланысты қазіргі заманғы жоғары беріктігі бар ӨТБ сұранысқа ие болды және көпірдің жүктемесі мен ұзындығын арттыруға мүмкіндік берді. Көпір іргетасының бір сегментін бетондау үшін шамамен 256 000 м<sup>3</sup> бетон қоспасы қажет болды. Көпірдің дизайны желдің жылдамдығы секундына 80 метрге дейін және Рихтер шкаласы бойынша 8,5 баллға дейінгі сейсмикалық белсенділікке төтеп бере алады.

Жаңа материалдың жоғары тиімділігі өздігінен нығыздалатын бетондарды пайдалану бойынша ұсыныстар әзірлеу үшін 8 елден RILEM (1996) мамандарының жұмыс тобын құруға ықпал етті. 2001 жылы Жапонияның Токио қаласында ӨНБ бойынша екінші халықаралық симпозиум ұйымдастырылды. 2002 жылы ӨНБ бойынша алғашқы Солтүстік Америка конференциясы өтті. 2003 жылы өткізілген Рейкьявик қаласындағы үшінші Халықаралық симпозиум өзін-өзі нығыздайтын бетондар бойынша іргелі

зерттеулерді аяқталған деп санауға болатын ережені бекітті. 2004 жылы 205-DSC «Өздігінен нығыздалатын бетонның беріктігі» техникалық комитеті ұйымдастырылды, оның төрағасы профессор Шуттер. Бұл комитеттің жұмысына 14 елден 25 зертхана жұмылдырылды [9]. Жүргізілген ғылыми-техникалық зерттеулердің нәтижесінде «Өздігінен нығыздалатын бетон» қолдануды дамытуда маңызды қадам жасалды-өздігінен нығыздалатын бетондардың жіктелуі жасалды. 2005 жылы Чикагода Төртінші Халықаралық симпозиум және екінші Солтүстік Америка конференциясы ұйымдастырылды. 2007 жылы Бельгияның Гент қаласында «Өздігінен нығыздалатын бетон» бойынша төртінші Халықаралық симпозиум өтті.

Өздігінен нығыздалатын бетондар технологиялық артықшылықтары мен физикалық-техникалық сипаттамаларына байланысты Батыс Еуропаның құрылыс индустриясында кең таралды. Бұл бетондардың одан әрі белсенді дамуы мен зерттелуі негізінен Германияда болды. Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (Құрылыс зерттеулері институты Ахен қаласы, Германия) жүргізген өздігінен нығыздалатын бетондардың қасиеттерін егжей-тегжейлі зерттеу нәтижесінде 2000-2001 жж профессор Вольфганг Брамесхубердің басшылығымен бұл материалды бүкіл Еуропаға таратудың және ресми түрде қабылдаудың алғышарттары жасалды. Жапония, Жаңа Зеландия, Швеция, Германия, Қытай, Голландия және т. б. елдердің құрылыс индустриясында кеңінен қолданылады.

Токио университетінің ғалымдары жүргізген ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижесінде [10-13] өткен ғасырдың 80-ші жылдарының соңында бетонның құрамы соншалықты сұйық болды, ол дірілді тығыздауды қажет етпеді – өздігінен нығыздалатын бетон (SCC – self-compacting concrete) [14]. 90-жылдардың басында мұндай бетондар NVC (non-vibrated concrete) – Kajima Co сияқты брендтермен шығарылды., SQC (super quality concrete) – Maeda Co., the Biocrete of Taisei Co.

Ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетонды жасау полиакрилаттар мен поликарбонаттарға негізделген суперпластификаторлардың жаңа буынын әзірлеумен байланысты болды, оны жапон ғалымдары тәжірибеге енгізді [15-16]. Марио Коллепарди ғылыми мектебінің итальяндық ғалымдары жаңа буын суперпластификаторларының (MAPEI) және олардың негізіндегі бетондардың дамуына айтарлықтай үлес қосты [17].

Ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетонның қасиеттерін зерттеуге арналған алғашқы халықаралық конференциясы 1998 жылы 15 елден 150 ғалым мен инженердің қатысуымен өтті. Жаңа материалдың жоғары тиімділігі сегіз елден тұратын және өздігінен нығыздалатын бетондарды пайдалану бойынша ұсыныстарды әзірлеумен айналысатын RILEM (1996) мамандарының жұмыс тобын құруға әкелді. 2004 жылы 205-DSC «өздігінен нығыздалатын бетонның беріктігі» техникалық комитеті ұйымдастырылды, оның төрағасы проф.Шуттер. Бұл комитеттің жұмысына 14 елден 25 зертхана жұмылдырылған.

Өзін-өзі нығыздау дегеніміз - өз массасының әсерінен дірілсіз қалыпқа салуға қабілетті, біртектілігін сақтай отырып, оның барлық көлемін біркелкі жайылатын бетон қоспалары. Тіпті тығыз орналасқан арматура болса да, ондағы ауадан өздігінен босатылады [18-20].

Мұндай қоспалардың айқын ерекшеліктері - олардың жоғары жайылымдылықтың ыңғайлылығы болып табылады. Екі қарама-қарсы сипаттаманы біріктіреді: қоспаның жоғары сұйықтығын алдын ала анықтайтын төмен ығысу шегі кернеуі және қоспаның тұрақтылығы мен үйлесімділігін қамтамасыз ететін тұтқырлықтың жоғарылауы [21]. Мәліметтерге сәйкес ҰТӨНБ ығысудың шекті кернеуі (60 Па-дан аз) қарапайым бетонға қарағанда едәуір аз (100-1000 Па), сонымен бірге пластикалық тұтқырлық іс жүзінде бірдей (20-200 Па). Екі жақтың мүдделерін ескере отырып, осы мәселенің табылған шешімі мыналарды қамтамасыз етеді:

- толтыру қабілеті (filling ability) – өз салмағының әсерінен қалыптағы барлық бос орындарды шексіз өтімділікпен толығымен толтыру мүмкіндігі;
- кедергілерді еңсеру қабілеті (passing ability) – ірі толықтырғышты бұғаттамай, арматура өзектерінің арасындағы бос орындарды қалыптау мен Қалыптау жабдығының тар қималары түріндегі кедергіні еңсеру қабілеті;
- сегрегацияға төзімділік (resistance to segregation) – ҰТӨНБ тасымалдау және қалыптау кезінде қатпарланусыз яғни құрамы бойынша біртекті болып қалу қабілеті.

Толтыру қабілеті цемент пастасының деформациялануының жоғарылауымен қамтамасыз етіледі, оған тиімді суперпластификаторларды қолдану, судың оңтайлы байланысы, үздіксіз гранулометриямен минералды қоспаларды (толтырғыштарды) қолдану арқылы қол жеткізіледі [22-26]. Бұл ретте мөлшері 90 мкм-ден кем дисперсті бөлшектер 500-600 кг / м<sup>3</sup> мөлшерінде бетон қоспасының қатпарлануға төзімділігін қамтамасыз етеді[20].

Бетон қоспасының кедергілерден өту қабілетін арттыру үшін, ең алдымен, толықтырғыштардың гранулометриялық құрамын оңтайландыру, ірі толықтырғыштардың шығынын азайту және тиісінше ұсақ толықтырғыштардың шығынын ұлғайту, Ірі толықтырғыш дәндерінің максималды мөлшерін шектеу және цемент пастасының құрамын арттыру қажет. Осылайша үйкелісті азайту үшін дәндердің жабындысын қамтамасыз ету қажет [27-30].

Қазіргі уақытта жоғарыда аталған маңызды сипаттамаларға және оларды қамтамасыз ету талаптарына сүйене отырып, бетондар үш түрге жіктеледі [31]:

- ұнтақ түрі-пластикалық тұтқырлықты арттыру үшін төмен су тұтқырлығы және жоғары дисперсті материалдар қоспасы;
- тұтқырлық модификаторлары бар бетондар-бірінші түрмен салыстырғанда толтыру (ену) қабілетіне қойылатын талаптарды қамтамасыз ету үшін суперпластификаторлардың көбірек шығынын, жоғары С/Ц қатынасын қажет етеді. Тұтқырлық модификаторларының суперпластификаторлармен үйлесімсіздігі мүмкін;

- аралас типті-тұтқырлық модификаторының кішкене қоспасы бар ұнтақ типті бетондар.

Өздігінен нығыздалатын бетонның негізгі компоненттері қарапайым бетон өндірісінде қолданылатындармен бірдей. Айырмашылық тек олардың арақатынасында, сондай-ақ бетонға өзін-өзі нығыздау қабілетін беретін арнайы қоспаларды қолдануда. Сонымен қатар, өздігінен нығыздалатын бетондардың жоғары технологиялық және пайдалану сипаттамаларына қол жеткізу үшін өндірістік материалдарға қатаң талаптар қойылады.

Еуропалық Құрылыс химиясы және бетон мамандары Федерациясының (European Federation of Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems) ұсыныстарына сәйкес [18] бетон құрамын жобалау кезінде бастапқы компоненттердің арақатынасын массасы бойынша емес, көлемі бойынша білдірген жөн деп шешкен.

Бірінші кезеңде компоненттер арасындағы қатынастар өздігінен нығыздалатын бетон қоспасының нормаланған көрсеткіштерін қамтамасыз ететін олардың құрамындағы типтік диапазондар негізінде белгіленеді:

- су/дисперсті материалдың көлемдік қатынасы (цемент, минералды қоспа, құм фракциялары 0,125 мм – ден аз) - 0,80-ден 1,10-ға дейін;

- дисперсті материалдардың жалпы мөлшері-160-тан 240 литрге дейін (текше метрге 400-600 кг;

- цемент мөлшері - 350-450 кг / м<sup>3</sup> (500 кг/м<sup>3</sup> цемент шығыны бетонның шөгуді және сусымалылығын арттыруы мүмкін; 350 кг/м<sup>3</sup>-тен аз шығын басқа ұсақ минералды толтырғыштарды немесе пуццолан қоспаларын қолданған кезде ғана қолайлы болуы мүмкін);

- ірі толықтырғыштың құрамы - бетон қоспасының көлемі бойынша 28-ден 35% - ға дейін;

- су-цемент қатынасы EN 206-1 талаптары негізінде тағайындалады (әдетте судың мөлшері 200 л/м<sup>3</sup> аспайды).

Профессор Х.Окамура [10-13] өзін-өзі нығыздайтын бетонды жобалау әдісін ұсынды. Оның негізгі идеясы бойынша, бірінші кезеңде суперпластификатор, цемент, ұсақ толықтырғыш және пуццолан қоспасының үйлесімділігін анықтау үшін цемент пастасы мен ерітіндісі сыналады. Ал екінші кезеңде, ӨНБ-ның сынақ илеуі сыналады. Бұл әдістің артықшылығы-бүкіл бетон қоспасы үшін осындай көп уақытты шығындаймын сынақтардың қайталануын болдырмайды. Алайда, әдістің кемшіліктерінің арасында, ең алдымен, барлық дайын бетон зауыттары цемент пасталары мен ерітінділерінің реологиясын зерттеуге қажетті жабдықтармен, атап айтқанда, айналмалы (ротациалы) вискозиметрлермен жабдықталмағанын атап өткен жөн. Екінші жағынан, профессор Г. В. Несветаев [32] цемент пастасының реологиялық сипаттамаларын бағалаудың қарапайым әдісін ұсынды: цемент сынағының ығысуының шекті кернеуінің белгілі бір химиялық-минералогиялық құрамдағы цемент қоспасының түріне және мөлшеріне тәуелділігі. Мысалы, SF 1 класындағы өздігінен нығыздалатын қоспаларды

алу үшін, шекті ығысу кернеуінің мәні шамамен 10 – нан аспауы керек, ал SF 2 класындағы қоспалар 8-ден аспауы керек.

Тайвань ғалымдары ӨНБ құрамын жобалаудың жеңілдетілген әдісін ұсынды, оның негізі ірі және ұсақ толықтырғыштың максималды орау коэффициентіне қол жеткізу шарты болып табылады – (packing factor PF).

ӨНБ-ның беріктігі цемент пастасымен қатайтылған күйде желімделген толықтырғыштардың қаңқасымен қамтамасыз етіледі. Ал қоспалардың технологиялық қасиеттері жаңа дайындалған күйде цемент пастасымен қамтамасыз етіледі. PF орау коэффициенті ӨНБ құрамдағы толықтырғыштардың құрамына әсер ететіні анық.

Жоғары PF мәні тұтқыр заттың мөлшерін азайта отырып, ірі және ұсақ толықтырғыштардың көп мөлшерін анықтайды. Тиісінше, қоспаның жұмыс қабілеттілігі, оның өзін-өзі нығыздау қабілеті, сондай-ақ бетонның сығылу беріктігі төмендейді. Екінші жағынан, төмен PF мәні бетонның шөгуінің жоғарылауына әкеледі. Байланыстырғыш паста құрамының жоғарылауы ӨНБ беріктігіне де әсер етеді және оның құнын едәуір арттырады.

Бетон және темірбетон бұйымдары мен конструкцияларын жобалау кезінде бетонның келесі маңызды қасиеттерін ескеру қажет: сығу беріктігі; иілу кезіндегі созылу беріктігі; серпімділік модулі; сусымалы; шөгу; термиялық кеңею коэффициенті; болат арматураға адгезия [18, 14 бет]. Бұл қасиеттер әр түрлі зерттеушілердің пікірінше келесі мәндерге ие: сығу күші, 28 күн. – 40-80 МПа; 91 күн. - 55-100 МПа; иілу кезіндегі созылу беріктігі-4,8-6,8 МПа; серпімділік модулі-30-36 ГПа; шөгу-0,6-0,8 мм/м.

Осылайша, өздігінен нығыздалатын бетондар оларды жоғары функционалды бетондарға (жоғары өнімділік бетондары) жатқызуға және заманауи құрылыста инновациялық материал ретінде қарастыруға мүмкіндік беретін қасиеттер кешеніне ие. Жапонияда Жаңа темірбетон конструкцияларының шамамен 50% ӨНБ-нан жасалған, Еуропада олар өндірген бетон көлемінің 7-10% құрайды.

ТМД елдерінде өздігінен нығыздалатын бетондарды қолдану соншалықты кең таралған емес, дегенмен оларды қолданудың сәтті мысалдары да бар, әсіресе жол құрылысында, олар жол төсемінің сапасын жақсартуға, құрылыс жылдамдығын арттыруға, энергияны тұтынуды және процестің еңбек сыйымдылығын төмендетуге және «тұрақты құрылыс» қағидаттарына сәйкес келеді [33].

Алайда, өздігінен нығыздалатын бетондардың деформациялық сипаттамаларына байланысты проблемалар шешілмеген күйінде қалып отыр, мысалы, шөгу мен сырғудың жоғарылауы, сондай-ақ серпімділік Модулінің төмендеуі. Бетондардың қасиеттеріне маңызды әсер өздігінен нығыздалатын бетондардың құрамында қолданылатын модификаторлардың бір-бірімен және портландцементпен үйлесімділігі де әсер етеді. Сонымен қатар, поликарбонат эфирлері мен микро кремний диоксиді негізіндегі суперпластификаторлар сияқты негізгі қоспалардың құны жоғары болып қала береді, бұл қажетті сапа көрсеткіштері бар бетон қоспалары мен бетондарды



алуды қамтамасыз ету үшін әртүрлі өнеркәсіптік қалдықтарға негізделген полифункционалды модификатор құрамдарын әзірлеудің балама шешімдерін іздеуді талап етеді.

## **1.2. Өздігінен нығыздалатын бетон қоспаларының құрамындағы суперпластификаторлардың тиімділігі**

ӨНБ алудың негізгі шарттарының бірі - портландцемент және минералды қоспалар, ұнтақталған толықтырғыштар және өте ұсақ құм түріндегі салыстырмалы түрде жоғары дисперсті материалдары бар суперпластификаторларды қолдану.

Суперпластификаторлар - гетерогенді жүйелерде дисперсті химиялық орта ретінде жұмыс істейтін органикалық полиэлектролиттер (беттік белсенді заттар – ББЗ)[34], олардың тиімділігі бетон қоспаларының технологиялық қасиеттерін кем дегенде 30 минут бойы, бұйымдарды қалыптауға кететін уақыт, сақтау қабілетінде көрінеді [35].

Беттік белсенді заттар көбінесе жеке өнімдер ретінде емес, композициялық қоспа есебінде қолданылады. Бұл экономикалық және физика-химиялық сипаттағы бірқатар себептермен түсіндіріледі. Мысалы, жоғары және төмен молекулалы ББЗ қоспасы. Жоғары молекулалық беттік белсенді заттар дисперсті жүйелердің жоғары тұрақтылығын қамтамасыз етеді, олардың бетінде қалыңдығы ондаған және жүздеген нанометрлер болатын желатинді құрылымды адсорбциялық қабат пайда болады. Төмен молекулалы беттік белсенді заттар жоғары дисперсиялық әсерді қамтамасыз етеді және фазалық интерфейсте беттік керілуді айтарлықтай төмендетеді.

Суперпластификаторларды төрт негізгі түрге жіктеуге болады: формальдегидті сульфатталған нафталиннің конденсация өнімдері (SNF), формальдегидті меламина сульфоқышқылдары (SMF), модификацияланған техникалық лигносульфонаттар (MLST) және полимерлер (P) сияқты полиакрилаттар, полистирол сульфонаттары және поликарбоксилат эфирлері [36-39].

Олардың дисперсті жүйелерге, атап айтқанда цемент пасталарына әсер ету механизмі клинкер минералдарының гидратация өнімдеріндегі адсорбциямен тығыз байланысты. Цемент жүйелеріндегі адсорбцияның өзіндік ерекшеліктері бар - қоспа молекулаларының химиялық (кеңістіктік) құрылымы немесе адсорбциялық қабаттың құрылымы негізгі мәнге ие болуы мүмкін [40].

Сулы ерітінділердегі полярлық қосылыстардың адсорбциясын анықтайтын негізгі фактор - су молекулаларының және молекулалардың өздерімен де, адсорбент бетімен де, сутегі байланысын қалыптастыру қабілеті [41]. Өз кезегінде, ББЗ-ның пластификациялаушы әсерінің адсорбциялық механизмі ионогендік топтардың диссоциациялануын және олардың қатты фаза бетінің белсенді орталықтарында адсорбциялануын және оның гидрофолизациялануын болжайды [42].

А. М. Когановскийдің айтуы бойынша [43] оксидтердің, гидроксидтердің немесе алюмосиликаттардың гидрофильді беттерінде полярлы органикалық молекулалардың адсорбциясы белгілі бір (химиялық немесе кулондық) өзара әрекеттесу нәтижесінде ғана мүмкін болады, өйткені судың (бірнеше молекулалардың) вытысуы айтарлықтай энергия шығындарын қажет етеді. Осыған байланысты анионды полиэлектролиттер болып табылатын суперпластификатор молекулаларының көпшілігі портландцемент клинкерінің оң зарядталған  $C_3A$  және  $C_4AF$  минералдарына, сондай-ақ электростатикалық өзара әрекеттесу нәтижесінде олардың ылғалдану өнімдеріне адсорбцияланады [44-45].

Сонымен қатар, СНФ, СМФ, МЛСТ типті суперпластификаторлардың әсер ету механизмінде цемент бөлшектерін электростатикалық итеру және тұрақтандыру әсері басым, бұл қоспа молекулаларының адсорбциялық қабаттары цемент бөлшектерінің бетіндегі өнімділік потенциалының шамасын -23...-28 мВ дейін арттырады [46-47]. Керісінше, модификацияланған полиакрилаттар мен поликарбоксилаттардың кеңістіктік полимерлі молекулаларын пайдалану кезінде цемент пасталарының дисперсиясы мен тұрақтануы негізінен цемент бөлшектерін итерудің күшті стерикалық әсері арқылы қамтамасыз етіледі.

Поликарбоксилат молекулаларының бүйірлік гидрофобты полиэфир тізбектерінің арқасында олардың пластификациялау әсерінің ұзақтығы сульфомеламин, сульфонафталин формальдегидтерімен немесе лигносульфонаттармен салыстырғанда 3-4 есе ұзағырақ [48]. Бұл қабілет ерітіндінің қозғалғыштығын ерте уақытта арттыруға ғана емес, сонымен қатар, оны ұзақ уақыт сақтауға мүмкіндік береді. Бұл бетон қоспаларын құрылыс алаңдарына тасымалдау уақытына оң әсер етеді.

Модификацияланған поликарбоксилат эфирлеріне негізделген заманауи суперпластификаторлардың сутектендіру әсері 30-дан 40% - ға дейін немесе одан да көп, ал модификацияланған лигносульфонаттар үшін оның мәні әдетте 15% - дан аспайды, ал сульфатталған меламин (нафталин)формальдегид конденсаттары үшін – 25% [49].

Бұл ретте, егер бірінші - екінші буынның суперпластификаторлары жылжымалы бетон қоспаларында тиімді болса және қақпаның төменгі су құрамындағы әлсіз пластификациялық әсер берсе, онда поликарбоксилатты суперпластификаторлар су - цемент қатынасы 0,2-ден аз бетон қоспаларында да жоғары пластификациялық әсерді қамтамасыз етеді, бұл жоғары беріктігі бар бетон құрамдарына тән. Мұндай қоспаларда ұқсас әсерге қол жеткізу үшін суперпластификаторлардың СМФ (СНФ) дозасы үш есе көп болуы керек [48, 19 бет].

«Портландцемент – суперпластификатор» жүйесіндегі үйлесімділік цементпен байланысты келесі параметрлерге әсер етеді: химиялық және минералогиялық құрамы, атап айтқанда  $C_3A$  құрамы, сілтілер мен бос әк құрамы, кальций сульфатының құрамы мен түрі (дигидрат, базанит, ангидрид), цемент бөлшектерінің мөлшері. Суперпластификатордың

қасиеттерін ескере отырып, келесі факторлар маңызды: химиялық табиғаты және орташа молекулалық салмағы, полимерлеу дәрежесі, қоспаның мөлшері және бетон қоспасына енгізу әдісі [50-55].

Бетонға қатысты қоспалардың цементтермен үйлесімділігін, қоспалардың қажетті технологиялық әсерлерді қамтамасыз ету және әртүрлі факторлардың әсерін ескере отырып, оларды белгілі бір уақытта белгілі бір деңгейде ұстау қабілеті ретінде қарастыруға болады. Құрылыс алаңында бетон қоспасының қозғалғыштығын жоғалту - беріктіктің біркелкі еместігіне және құрылымдардағы бетонның беріктігінің төмендеуіне әкелетін негізгі себептердің бірі [53]. Кейбір «портландцемент – суперпластификатор» комбинациялары бетон қоспасының қажетті қозғалғыштығын бір сағат ішінде қамтамасыз етеді, ал басқалары – 10-15 минуттан кейін оның күрт төмендеуіне бейімділік көрсетеді.

Белгілі бір цементпен біріктірілген суперпластификатор реологиялық белсенділігін бағалау үшін цемент сынағы суспензиясының шекті ығысу кернеуінің шамасын пайдалануға болады. «Портландцемент – суперпластификатор» жүйесіндегі үйлесімсіздік портландцементтің клинкеріндегі үш кальцийлі алюминий  $C_3A$  құрамының ұлғаюымен артады [56].

Цемент минералдары мен ылғалдандыру өнімдеріне суперпластификатордың адсорбциясының жоғарылауымен нафталин (меламин) формальдегид конденсаттары қосылған бетон қоспаларында бастапқы қозғалғыштық жоғарылайды. Алайда, уақыт өте келе қоспалардың қозғалғыштығы төмендейді, бұл дисперсті жүйені электростатикалық тұрақтандыру үшін қажет кеуекті сұйықтық көлемінде «бос» суперпластификатордың болмауына байланысты [57]. Дәл осындай үлгі поликарбоксилатты полимерлерді қолданған жағдайда да байқалады  $C_3A$  мөлшері неғұрлым жоғары болса, қажетті пластификациялық әсерге қол жеткізу үшін қоспаның сыни дозасы соғұрлым жоғары болады.

Дегенмен, цементтің химиялық-минералогиялық құрамының, әсіресе сілтілік құрамының ауытқуларына сульфатталған нафталинформальдегид конденсаттарына негізделген сұйылтқыштар аз әсер етеді. Сонымен қатар, адсорбцияланған полиметилен нафталин сульфатының мөлшері мен адсорбцияланған суперпластификатордың жоғарылауымен төмендейтін және қозғалғыштығының жоғалуы жоғарылайтын цемент пасталарының қозғалғыштық мәндерінің аймағы арасында кері байланыс бар [57].

Зерттеулерге сәйкес н.М. Зайченко [58], S. Jiang, C. Jolicoeur, B. Kim, T. Nawa және т.б. [59] натрий сульфаты қоспасы суперпластификатордың адсорбция мөлшерінің төмендеуі нәтижесінде цемент пастасының қозғалғыштығын арттыруға көмектеседі. Сілтілік сульфаттың қатысуымен адсорбция  $C_3A$  және  $C_4AF$  тежеледі және  $c_3s$  және  $\beta$ - $C_2S$  жоғарылайды, ал адсорбцияланған пластификатордың жалпы мөлшері азаяды, оның бетон қоспасының сұйық фазасындағы концентрациясы жоғарылайды, бұл

бөлшектердің дисперсиясын және цемент пастасының тұтқырлығының төмендеуін тудырады.

Бұл факт белгілі бір жағдайларда полиметилен нафталин сульфонаттарына негізделген суперпластификаторларды өздігінен нығыздалатын бетон қоспаларының құрамдарында сәтті қолдануға болатындығын көрсетеді, дегенмен бұл мақсаттар үшін тек қана қолдануға болатындығын көрсетеді РСЕ-суперпластификаторлар.

Сондай-ақ, СНФ суперпластификаторлары бетон қоспасындағы ауа ағынына айтарлықтай аз әсер ететінін атап өткен жөн. Сонымен, [60] мәліметтері бойынша, қолданылатын ауа өткізгіш беттік белсенді қоспаның түріне қарамастан, СНФ-суперпластификатор су бөлуді азайтады және ауа өткізгіш әсер етпейді, сонымен қатар ауа өткізгіш беттік белсенді қоспадан туындаған ауа өткізгіштікке іс жүзінде әсер етпейді.

Алайда, екінші жағынан, [61] СНФ суперпластификаторларын целлюлоза эфирлерімен бірге қолдану қоспалар арасындағы сутектік байланыстардың пайда болуына және пластификациялаушы қоспаның сутегін төмендететін әсерінің төмендеуіне әкелетіні көрсетілген. Сонымен қатар, пластификатордың тұрақты мөлшерімен және өздігінен нығыздалатын бетон қоспасының қалыпты қатпарлануға төзімділігімен тұрақтандырғыш қоспаның дозасын арттыру бетонның беріктік сипаттамаларының шамалы төмендеуіне әкеледі [62].

Демек, полиметилен нафталинсульфонаттары бар өздігінен нығыздалатын бетон қоспаларын бірінші түрі-ұнтақ түрінде, жұқа дисперсті минералды материалдардың көп мөлшерін қолдана отырып жасау керек. Ю.М. Баженов [63] және П. Г. Комохов суперпластификатор қоспасының тиімділігі көбінесе оны бетонға енгізу әдісіне байланысты екенін атап өтті.

Ең жақсы нәтижелер, мысалы, минералды қоспа – микро кремнезем немесе микр кремнезем мен күл қоспасы алдын-ала суперпластификатормен араласқан кезде алынады. Бұл тәсіл жаңа буын суперпластификаторларын, белсенді және белсенді емес минералды қоспаларды қолдана отырып, органоминералды негізде кешенді модификаторларды құруға негіз болды [64].

Alonso M. M. және басқалар. [65] өз зерттеулерінде поликарбоксилат тек цемент дәндерімен ғана емес, сонымен қатар минералды толтырғыштармен де жақсы адсорбцияланатынын атап өтті. Сонымен қатар, күл мен домендік граншлактың бетіне адсорбцияланған қоспаның мөлшері әктас бетіне қарағанда сәл аз. Теріс зарядталған функционалды сульфогруппалардың болуына байланысты полиметилен нафталин сульфонаттарының молекулалары минералды қоспалар бетінің белсенді орталықтарында адсорбциялауға қабілетті. Беттік зарядтың өсуімен қоспалардың адсорбциясы артады [65, 66].

Ю. В. Дегтевтің диссертациясында [67] минералды қоспалардың мөлшері мен түрі, сондай-ақ композициялық байланыстырғыш заттың барлық компоненттерінің дисперсиясы суперпластификатордың адсорбциясы бойынша оның сыйымдылығын қалыптастыратыны көрсетілген. Осы

сыйымдылықты арттыруға қол жеткізе отырып, яғни композициялық байланыстырғыш құрамдағы минералды қоспалардың арқасында тиімді дозаның максималды мәндерін өздігінен нығыздалатын бетон қоспаларында қолдануға жарамдылығын арттыруға болады.

Минералды қоспалардың (толтырғыштардың) адсорбциялық белсенділігі олардың гидравликалық белсенділігімен де байланысты. Бетонда төмен гидравликалық белсенділігі бар минералды қоспалардың болуы С-3 суперпластификаторының пластификациялық әсерін арттырады және құйылған бетон қоспаларын алу үшін қоспаның аз мөлшері қажет, керісінше, жоғары белсенді минералды қоспалары бар бетон қоспаларындағы С-3 пластификациялық әсері төмен, ал С-3 тиімді дозасы күрт артады [68-69].

Сонымен, қоспа ретінде микрокремнеземі бар бетон қоспалары, тіпті 10% - ға дейінгі дозада да суперпластификаторлардың жоғары шығынын қажет етеді. Әр түрлі авторлар минералды қоспаларды – термоактивтендірілген каолинді [61], микрокремнеземді немесе ұнтақталған әктасты суперпластификатормен бірге енгізу минералды қоспасыз болғаннан гөрі, дайындалғаннан кейінгі алғашқы екі сағат ішінде бетон қоспасының қозғалғыштығының аз шығынын қамтамасыз ететіндігін атап өтті.

Минералды қоспалардың модификациясы олардың бетінің табиғатын (гидрофильділігі, электр заряды, Қос электр қабатының құрылымы, беттік белсенді орталықтардың концентрациясы) өзгерте отырып, кең ауқымда цемент дисперсияларының құрылымдық түзілу процесін және толықтырғыш тастың микроқұрылымын қалыптастыруға мүмкіндік береді.

### **1.3. Өздігінен нығыздалатын бетон құрылымындағы минералды қоспалар мен толтырғыштардың рөлі**

Жоғарыда айтылғандай, өздігінен нығыздалатын бетон қоспаларының дифференциациясына төзімділігін қамтамасыз ету үшін олардың құрамына тұрақтандырғыш қоспалар - тұтқырлық модификаторлары немесе жұқа дисперсті минералды қоспалар (толтырғыштар) көп мөлшерде енгізіледі. Тұтқырлық модификаторлары әдетте целлюлоза туындыларын қамтитын полисахаридтер болып табылады (метилцеллюлоза) және акрил полимерлері. Олардың әсер ету механизмі әр жағдайда әр түрлі. Кейбір қоспалар цемент бөлшектеріне адсорбцияланады және бөлшектердің тартылуын күшейту арқылы тұтқырлықты арттырады. Тұтқырлық модификаторы бар бетон қоспасы сұйылту әсерін көрсетеді, нәтижесінде қоспаның айқын тұтқырлығы ығысу жылдамдығының жоғарылауымен төмендейді [21]. Бұл жағдайда, органикалық тұрақтандырғыш қоспалардың модификациялық әсері бетон қоспалары сатысында таусылады.

Ұсақ минералды қоспалар, осы мағынада, органикалық қоюландырғыш қоспаларға қарағанда артықшылықтарға ие, өйткені бетон қоспаларының реологиялық қасиеттерін жақсартумен қатар, бетонның физикалық-механикалық және пайдалану сипаттамаларының жоғарылауын қамтамасыз етеді. Толықтырғыштардың гранулометриялық құрамын оңтайландыру

кезінде минералды қоспалардың суперпластификаторлармен үйлесуі өздігінен тегістейтін қоспалардан жоғары беріктігі бар бетондарды (кем дегенде 70 МПа сығу күші) алуға мүмкіндік береді [22,24].

Дисперсияға байланысты минералды қоспалар цементті сұйылтқыш қоспаларына бөлінеді, олардың гранулометриялық құрамы цементке жақын-ЖЭС күлі, ұнтақталған Домна түйіршікті қож және басқалары, сонымен қатар микрокремнезем, метакаолин сияқты тығыздағыш қоспалар. Олардың бөлшектерінің мөлшері цемент дәндерінен шамамен 100 есе аз және меншікті беті 20-30 м/г [63]. Минералды қоспаларды енгізу бетонның әртүрлі қасиеттеріне жағымды әсер етуі мүмкін, физикалық әсерге байланысты, бұл ұсақ бөлшектердің әдетте портландцементке қарағанда жұқа гранулометриялық құрамы немесе белсенді гидравликалық компоненттердің реакцияларымен көрінеді.

Минералды қоспалар бетон қоспасының реологиялық қасиеттеріне, портландцементтің гидратациялану дәрежесіне, қатайтылған бетонның беріктігі мен өткізгіштігіне, термиялық өңдеудегі жарықшақтың пайда болуына төзімділікке, кремнеземге әр түрлі сілтілердің әсерін азайтуға және сульфатты коррозиялық ортаға төзімділікке әсер етуі мүмкін. Өнеркәсіп қалдықтарынан алынған белсенді минералды қоспалардың ішінде ЖЭС күлі сфероидты бөлшектердің ерекшеліктеріне байланысты су қажеттілігін азайту және бетон қоспаларының сұйықтығын арттыру үшін ҰТӨНБ құрамында қолданылады, ал өздігінен нығыздалатын бетондардың ерітінді компонентінің тұтқырлығын арттыру үшін толтырғыштар арасында ұнтақталған әктас, атап айтқанда Еуропада кеңінен таралды [20].

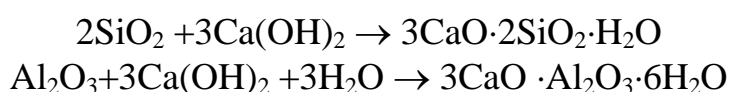
Микрокремнезем сияқты ультра дисперсті минералды материалдар цемент жүйелерінің реологиялық қасиеттеріне аралас әсер етуі мүмкін. Оның бөлшектері цемент дисперсиясының жалпы көлемінде бөлініп, үлкен бөлшектермен бірге көптеген коагуляциялық контактілері бар тізбектер мен агрегаттардан тұратын кеңістіктік үш өлшемді жақтауды құрайды. Нәтижесінде реологиялық қасиеттер айтарлықтай өзгереді: қоспалардың құрылымдық және пластикалық тұтқырлығы, когезиясы және тиксотропты қасиеттері артады, бұл бөлшектердің өзара әрекеттесуінің жоғарылауы нәтижесінде болады. Сонымен қатар, белгілі бір жағдайларда және оңтайлы дозада микрокремнезем бетон қоспаларының су қажеттілігін төмендетуі немесе олардың қозғалғыштығын арттыруы мүмкін. Сәйкес, бұл әсерді қоспаның сфералық бөлшектері бөлшектер арасындағы үйкелісті азайту арқылы «домалақ мойынтіректер» қызметін атқаратындығымен түсіндіруге болады («ball bearing effect»).

Бұл әсер басқа позициялардан түсіндірілуі мүмкін. Сонымен, жұмыста цемент құрамына қож негізіндегі ультра дисперсті микро толтырғыштарды («R/E plus – Микродур») енгізу кезінде бетон қоспаларының реологиялық сипаттамаларын жақсартуды авторлар цемент пастасының астық аралық кеңістігіндегі бос судың алмастырылуымен және сәйкесінше су қажеттілігінің төмендеуімен байланыстырады. Микрокремнеземді (10%) мен нанокремнезем

( $d=15$  нм, 2%) үйлесімі бетон қоспасының консистенциясының жақсаруын қамтамасыз етеді: судың бөлінуі мен қатпарлануы төмендейді. Цемент шығынының 400-ден 500 кг/м<sup>3</sup>-ге дейін артуымен бетонның беріктігінің артуы, қоспалардың реологиялық қасиеттерінің жақсаруы байқалады.

Профессорлар Ю. М. Баженовтың, Е. М. Чернышовтың, Д. Н. Коротковтың пікірінше микро толтырғыштың негізгі құрылымдық рөлі қатайтатын цемент жүйесін тығыздау болып табылады. Цементтеуші заттардың құрылымдық деңгейінде ультра дисперсті минералды қоспалар (мөлшері цементтен бір-екі реттік кіші бөлшектер), мысалы микрокремнезем, осы тікелей функциядан басқа, физика-химиялық құрылым түзуші функцияны да орындайды [70]. Габбродиабаза және әктас қалдықтарынан жасалған микро толтырғыш өздігінен тығыздалуға және құйма қоспасына негізделген көп компонентті бетондардың берік қаңқасын қалыптастыруға ықпал ететіні анықталды.

Жоғары сапалы бетон өндірісінде пуццоландық қасиеттері бар минералды қоспаларды қолдану ең перспективті болып табылады. [46] сәйкес ASTM C 618, пуццоландарға «кремнийлі немесе кремнийлі және глиноземді материалдар жатады, олар өздері тұтқыр қасиеттері аз немесе мүлдем жоқ, бірақ қатты ұсақталған және ылғал болған кезде кальций гидроксидімен қалыпты температурада химиялық реакцияға түсіп, тұтқыр қасиеттері бар қосылыстар түзеді»:



Табиғи немесе техногендік пуццолан қоспаларында әдетте протон донорлары болып табылатын беткі силанол немесе алюминий топтары болады. Бұл жағдайда протон акцепторлары силикат минералды қоспаларының беткі орталықтарымен тығыз байланыса алады. С. В. Минаков диссертациясында квазиизометриялық дифференциалды калориметрия әдісіне сүйене отырып, қақпалы сумен әрекеттесудің алғашқы минуттарында минералды қоспалардың теріс зарядталған (электронды донорлық) белсенді орталықтары гидроалюминат фазалары мен портландит бөлшектерінің электронды-акцепторлық эмбриондары тұнбаға түсетін субстрат ретінде қызмет ететіндігі көрсетілген, бұл олардың өсуін кешіктіреді және индукциялық кезеңде жылу шығаруды азайтады, оны индукциялық кезеңге орнату кезеңіне итермелейді.

Бұл А.Г. Ольгинскийдің минералды қоспалардың құрылымдық рөлі гидролиз өнімдерінің адсорбциясы нәтижесінде құрылымның пайда болуының индукциялық кезеңін қысқарту және сұйық фазаның шамадан тыс қанығуына қол жеткізу уақытын ұзарту болып табылады деген пікіріне сәйкес келеді. Гидраттық қосылыстардың микроқаттылығының айтарлықтай жоғарылауы байланыстағы құрылымның тығыздалуына ықпал етеді.

Осылайша, минералды қоспалар қазіргі бетондардың ажырамас бөлігі болып табылады. Оларды қолдану клинкер цементінің құрамын азайтуға, байланыстырғыштың неоплазмаларының құрамын өзгертуге, құрылымның тығыздығын арттыруға, нәтижесінде агрессивті жұмыс жағдайында бетонның беріктігін, ұзақмерзімділігі мен тіректілігін арттыруға мүмкіндік береді. Мысалы, Та Ван Фанның мәліметтері бойынша, күріш қабығын жағудан метакаолин мен күл түріндегі микро толтырғыштарды бетон құрамына енгізу цемент үшін тиімді гиперпластификатормен бірге бетонның сығылу беріктігін 70% - ға дейін, бетонның серпімділік модулін 15% - ға дейін арттыруды, контракциялық шөгуді 30% - ға дейін төмендетуді қамтамасыз етеді.

Микрокремнезем толтырғыш ретінде пайдаланған кезде, оның бетонның беріктігін арттыруға әсерін ескеру қажет [71]. Бетонның шөгуі мен сусымалылығының деформациясын төмендету үшін жеткілікті қатаң талаптарды орындау минералды толтырғыштарды – күл және микрокремнезем енгізу арқылы жүзеге асырылды. Олардың бетон құрамындағы құрамының жоғарылауымен сусымалы және шөгу деформациялары айтарлықтай төмендейді.

Модификацияланған бетонның микро-және нанокұрылымын қалыптастыру кезінде ферросилиций мен оның қорытпаларын жоғары аморфты кремнезем бар сфералық бөлшектер ретінде балқыту кезінде қосымша өнім болып табылатын ультра дисперсті микрокремнезем қоспасының рөлін ерекше атап өту керек. Ол электр пештерінде жоғары тазалықтағы кварцты көміртегімен тотықсыздандыру нәтижесінде пайда болады және шығатын газдарды тазарту кезінде қап сүзгілерімен ұсталады [46]. Оның цемент матрицасының құрылымындағы пуццоланизация көрсеткіші бойынша гидравликалық белсенділігі трепелдің минералды қоспасынан 1,5 есе жоғары және пеште өндірілетін қорытпа түрімен анықталатын қоспалардың химиялық құрамы мен табиғатына байланысты. Орташа алғанда, бір тонна балқыту кезінде ферросилиций 50-ден 250 кг-ға дейін микрокремнезем түзіледі.

Микрокремнезем бөлшектерінің орташа беттік мөлшері 68 нм құрайды, 200 нм – ге дейінгі бөлшектердің жалпы үлесі 50%, 500 нм-ге дейін-96% құрайды. Микрокремнеземнің бірегей қасиеті - оның химиялық белсенділігін анықтайтын толық бос беттік энергияның жоғары мөлшері. Сонымен қатар, бетон құрамындағы микрокремнеземді кеңінен енгізуге қоспаның төмен тығыздығына, сондай-ақ жоғары құнына байланысты шектеулі өнімділігі кедергі келтіреді. Егер бұрын кремнезем шаңын сөзсіз және қажетсіз қалдықтар ретінде қарастырылса, бүгінде оның құны цементтің құнынан асып түседі: Швецияда – 1,5-2 есе, Ұлыбританияда – 2-3 есе, АҚШ – та-5 есе.

Осыған байланысты минералды қоспалардың ең тиімді композицияларын үнемі іздестіру жүріп жатыр, онда микрокремнеземнің бір бөлігі басқа, қол жетімді материалдармен ауыстырылады. Сонымен қатар, мұндай композициялар көбінесе бір компонентті қоспаларға қарағанда бетон қоспалары мен бетондардың қасиеттеріне кешенді әсер етеді. Түрік



ғалымдары портландцементі бар екі немесе үш қоспадан тұратын кешен: Домна түйіршіктелген қож, күл-унос, микрокремнезем – ӨНБ қасиеттерін арттыруда жоғары тиімділікке ие екенін атап өтті.

Өздігінен нығыздалатын қоспалардың суды ұстап тұру қабілетін және бетонның жоғары беріктігін қамтамасыз ету тұрғысынан ресейлік зерттеушілер ең тиімді композицияларды анықтады: 50 : 50 қатынасында микрокремнезем және күл-унос; күл-унос микрокремнезем кешені және 50 : 50 қатынасында кеңейтілетін қоспа [27]. Н.М. Зайченко мен А. К. Халюшева [58] күл-унос, микрокремнезем, шамот-каолин шаңы, сондай-ақ ұнтақталған Домна граншлак, ЖЭС қожы, әктас сияқты минералды қоспалар кешенінің беріктігі жоғары бетон (композициялық цементтер) құрамдарындағы біріктіру тиімділігін көрсетеді. Минералды қоспалар арасындағы оңтайлы қатынастар анықталды, олардың негізінде КЦ V/Б-400 типті көп компонентті композициялық цементтердің (құрамында Домна граншлак пен күлдің орнына ЖЭС ұнтақталған қож, ұнтақталған әктас немесе шамотнокаолин шаңы бар), сондай-ақ ПЦ II/Б-К-500 типті композициялық портландцементтердің (құрамында бөліктің орнына Домна граншлак ұнтақталған әктас, шамотнокаолин шаңы немесе микрокремнезем). Сапа көрсеткіштері бойынша композициялық цементтердің әзірленген құрамы Б В.2.7-46:2010 ДСТУ талаптарына сәйкес келеді.

Аталған минералды қоспалардың ішінде салыстырмалы тығыздықтың ең үлкен мәні – 2,9 домна түйіршікті шлак [72] сәйкес, бұл қоспа цемент-құм матрицасындағы ірі толықтырғыштың тұндыру тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін тығыздық модификаторы (density modifier) функциясын орындай отырып, өздігінен нығыздалатын бетон құрамдарында болуы керек. Сонымен қатар, портландцементтің бір бөлігінің орнына домна пешінің граншлак мөлшері жоғары бетондар, әдетте, ерте қатаю кезеңінде ұзақ қатаю уақытымен және беріктіктің төмен өсу қарқынымен сипатталады. Бұл факт осы әсерді жою бойынша шараларды әзірлеуді талап етеді, мысалы, суперпластификаторды, қатаю үдеткішін және т. б. қамтитын қоспалар кешенін қолдану.

Суперпластификатор мен минералды қоспаны бірлесіп енгізудің әсерін зерттеу ерекше қызығушылық тудырады, өйткені цемент тасының кеуектілігі ғана емес, сонымен қатар серпімділік модулі әр түрлі болатын гидратация өнімдері арасындағы байланыс өзгеруі мүмкін. Г. В. Несветаевтың айтуынша [34] поликарбонат эфиріне негізделген суперпластификатор цемент тасының серпімділік Модулінің салыстырмалы шамасын 0,895-тен 1,067-ге дейін өзгертеді, яғни. шамамен 10% шегінде, ал минералды қоспамен бірге қолданған кезде салыстырмалы серпімділік Модулінің шамасын 0,67-ден 1,46-ға дейін, яғни 20% шегінде едәуір арттыруға қол жеткізіледі. Сонымен қатар, жоғарыда айтылғандай, қол жеткізілген әсер тұрғысынан да, технологиялық аспектілер бойынша да бетон қоспасына қоспаларды енгізу тәртібі өте маңызды. В. Г. Батраковтың пікірі бойынша. [64] жаңа буын суперпластификаторларын, белсенді және белсенді емес минералды

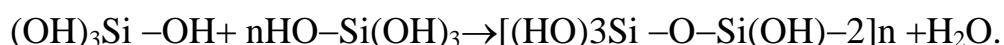
қоспаларды қолдана отырып, органоминералды негізде кешенді модификаторлар құру ең перспективалы болып табылады.

Органоминералды модификаторларда Органикалық заттардың дозаланған мөлшері-құрылымдық түзгіштер, пластификаторлар, турболизаторлар-жоғары дисперсті Бейорганикалық сорбентке бекітіледі. Цементпен араласқан кезде олар біркелкі бөлінеді және цемент дисперсиясының кеңістіктік құрылымының жылжымалы агрегатаралық түйісу орындарында шоғырланады. Осылайша, енгізілген қоспаның органикалық бөліктері құрылымдық белсенді гидрат фазаларының түзілу жылдамдығына және беттік энергиясына пассивті әсер етпейді.

#### **1.4. Өнеркәсіп қалдықтарына негізделген полифункционалды органоминералды модификаторлар**

Микрокремнезем құрылыс нарығына үш сатылым түрінде жеткізілуі мүмкін: тығыздалмаған құрғақ күйде (as-produced powder), тығыздалған құрғақ күйде (densified / pelletized) және паста түрінде – концентрацияланған суспензия (water-based slurry).

Ультрадисперсті кремнезем бөлшектерінің агрегациясы негізінен силоксан байланыстарының түзілуімен, коллоидты бөлшектердің өсуімен және гельмен жүретін поликонденсация реакциясына байланысты:



Материалдағы кремний диоксидінің мөлшері 80% - дан асады. Сонымен қатар, темір, кальций, магний және алюминий оксидтерінің болуы гидратация кезінде полимер тізбектерінің пайда болуына әкеледі, олар сызықтық және үш өлшемді болуы мүмкін, бұл бөлшектерді біріктірудің қосымша факторы болып табылады.

Шлам жинағыштарда жинақталған микрокремнеземді бетон құрамдас бөліктерінде пайдалану үшін оны алдын-ала дисперсиялау қажет, өйткені бетон қоспасының компоненттерін бетон араластырғышта араластырған кезде бұзылмаған агрегаттардың едәуір бөлігі қалады. Бір жағынан, бұл қоспаның микро толтырғыш және поцзолана ретіндегі тиімділігін күрт төмендетеді, екінші жағынан, бетонның сілтілі коррозиясының даму қаупін тудыруы мүмкін. Бетон қоспасының кеуекті сұйықтығында болатын сілтілер аморфты микрокремнеземнің үлкен агрегаттарымен әрекеттесіп, суды сіңіретін және кеңейетін гель түзеді, Бұл әсіресе бетон бұйымдарының жылу-ылғалдылық өңдеу жағдайында қарқынды көрінеді.

Біріктірілген микрокремнезем диірменін механикалық ұнтақтау, мысалы, шар диірменінде ұнтақтау тиімсіз, өйткені бөлшектердің дисперсиясының жоғары дәрежесі бөлшектердің нақты бетіне пропорционалды болатын ұнтақтау жұмыстарының үлкен шығындарын қажет етеді. Бұл жағдайда нақты беттің өсуіне бөлшектердің бір-біріне жабысуы және оларды қайта біріктіру кедергі келтіреді.

Н.М. Зайченконың [49] диссертациясында микрокремнеземді (қатты жабысатын ұнтақ), ЖЭС күл-қож қоспасын (аздап жабысатын ұнтақ) және С-3 құрғақ суперпластификаторын бірлесіп ұнтақтау кезінде полифункционалды модификатор алу мүмкіндігі көрсетілген. Сонымен қатар, микро кремний дисперсиясының бастапқы дәрежесіне қол жеткізілмейді.

Сұйық ортада ұнтақтау процесі тиімдірек болып көрінеді. Сонымен, [73] жұмысында дисперсиялық орта ретінде қарапайым су ұсынылады. Сонымен қатар, [73] сәйкес микро кремний диоксиді қышқыл беті бар (қатты қышқыл), сәйкесінше сілтілі ортада жақсы дисперсиялануы керек (мысалы, каустикалық сода ерітіндісінде). Сонымен қатар, бетон құрамында әртүрлі сілтілі активаторларды қолдану жалпы қабылданған тәжірибе болып табылады. Мәселен, мысалы, Таиланд ғалымдары кәдімгі судың орнына рН кемінде 12 болатын тауарлық бетон зауыттарының цемент целлюлозасын жабудың жоғары тиімділігін анықтады.

### **1 тарау бойынша қорытынды**

1 Диссертациялық зерттеу тақырыбы бойынша әдеби дереккөздерді талдау негізінде тиімді суперпластификаторлар мен техногенді жолмен шыққан жоғары дисперсті кремнеземді материалдардың, ең алдымен микрокремнеземнің оңтайлы үйлесімі және қажет болған жағдайда, онымен басқа органикалық және минералды материалдардың үйлесуі, бетон қоспаларының реологиялық қасиеттерін бағытты басқаруға, өздігінен нығыздалатын бетондардың құрылымы мен қасиеттерін өзгертуге мүмкіндік беретіні анықталды.

2 Өздігінен нығыздалатын бетон қоспаларының (ӨНБ) модификаторлары мен портландцементтің өзара әрекеттесуі қоспалар мен бетонның қасиеттеріне айтарлықтай әсер етуі мүмкін екендігі көрсетілген. Сонымен қатар, негізгі қоспалардың құны - поликарбонат эфирлері мен микрокремнезем негізіндегі суперпластификаторлар - жоғары болып қала береді. Осыған байланысты, қажетті сапалық сипаттамалары бар бетон қоспалары мен бетон алу үшін өнеркәсіптің әртүрлі қалдықтарын қамтитын көп функционалды модификаторлардың құрамын әзірлеу үшін шешімдер іздеу қажет. Шынында да, өздігінен тығыздалған бетондардың (ӨНБ) құрамында қолданылатын әртүрлі модификаторлардың өзара және портландцементпен үйлесімділігі бетонның соңғы қасиеттеріне айтарлықтай әсер етуі мүмкін. Модификаторларды дұрыс таңдамау немесе біріктіру жағымсыз реакцияларға, механикалық беріктіктің төмендеуіне, суға төзімділіктің нашарлауына және басқа да жағымсыз әсерлерге әкелуі мүмкін.

Сонымен қатар, поликарбонат эфирлеріне негізделген суперпластификаторлар және микро кремний диоксиді сияқты негізгі қоспалардың құны жоғары болып қалады, бұл ӨНБ-ды қолданудың экономикалық орындылығына әсер етуі мүмкін. Бұл әр түрлі өндірістік қалдықтарға негізделуі мүмкін көпфункционалды модификаторлардың құрамын жасауда шешімдерді іздеуді қажет етеді. Өнеркәсіп қалдықтарын

модификаторларды өндіру үшін шикізат ретінде пайдалану қосалқы өндіріс құнын төмендетіп, оларды үнемді ете алады.

3 Зерттеушілер бетондағы суперпластификаторлардың тиімділігі оларды енгізу әдісіне байланысты екенін атап өтті. Жақсы нәтижелерге, мысалы, микрокремнезем диоксиді немесе микрокремнезем диоксиді мен күл қоспасы сияқты минералды қоспаны суперпластификатормен алдын ала араластыру арқылы қол жеткізіледі. Бұл тәсіл жаңа буын суперпластификаторлары мен белсенді немесе белсенді емес минералды қоспаларды қамтитын органоминералды компоненттерге негізделген кешенді модификаторларды құруға негіз болды.

4 Зерттеулер көрсеткендей, бетон құрамындағы микро кремнезем диоксидін кеңінен қолдануға оның тығыздығы төмен және құны жоғары болғандықтан оның шектеулі өнімділігі кедергі келтіреді. Бұл минералды қоспалардың тиімді композицияларын іздеу қажеттілігіне әкеледі, онда микрокремнеземнің бір бөлігі қол жетімді материалдармен ауыстырылады.

## **2 ЗЕРТТЕУ ҮШІН ҚАБЫЛДАНҒАН БАСТАПҚЫ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ӘДІСТЕРІ МЕН ӘДІСТЕРДІҢ СИПАТТАМАСЫ**

### **2.1. ҰТӨНБ құрамдарын іріктеу үшін шикізат базасын зерделеу**

Шикізат базасын зерттеудің бірінші кезеңі портландцемент анықталған байланыстырғыш компоненттің өндіріс көлемін зерттеу болды. Минералды байланыстырғыш-бұл сумен араласқан кезде белгілі бір ортада (су немесе ауа) уақыт өте келе қата алатын, қатты ірі толықтырғыштық күйге ауысатын, басқаша айтқанда, тас тәрізді конгломератқа айналатын пластикалық байланыстырғыш қамыр түзетін материал. Қатаю нәтижесінде, егер бетон қоспасын қарастыратын болсақ, байланыстырғыш зат толтырғыш пен толтырғыштың дәндерін – құм мен қиыршық тасты (қиыршық тасты) байланыстыратын матрица болып табылады. Байланыстырғыш заттар органикалық және минералды (Бейорганикалық) болып бөлінеді. Органикалық байланыстырғыш заттарға полимерлер, шайыр, битум және басқалар жатады. Бұл заттар органикалық еріткіштерде қыздырылған немесе еріген кезде жұмыс күйіне өтеді. Минералды байланыстырғыш заттар - жұқа ұнтақтар-цемент, гипс. Сондай – ақ, байланыстырғыш заттар бар олар жоғары байланыстырғыш сұйықтықтар-сұйық фосфат эмиссия, сұйық шыны және басқалар. Минералды байланыстырғыш заттар, оларды қолдану үшін сумен немесе еріткіштермен араластыру арқылы жұмыс күйіне келтірілуі керек. Бұл процесс қақпа деп аталады.

Цемент әдетте тауарлық бетон мен темірбетон конструкцияларын өндіру үшін байланыстырғыш зат ретінде қолданылады.

Цемент - гидравликалық ортада қатайтын жасанды бейорганикалық байланыстырғыш. Цемент - бұл саладағы негізгі құрылыс материалдарының бірі. Сумен, тұздардың сулы ерітінділерімен және басқа сұйықтықтармен әрекеттескенде ол пластикалық масса түзеді, содан кейін ол қатып, тас тәрізді денеге айналады. Цемент-гидравликалық қатайтатын байланыстырғыш, яғни ылғалды ортада қатайды және беріктікке ие болады. Бұл цемент басқа кең таралған минералды байланыстырғыштардан түбегейлі ерекшеленеді - (гипс, ауа әк), олар тек ауа ортасында қатайды.

Цементтердің кең таралған және жиі қолданылатын түрлерінің бірі-портландцемент. Портландцемент-құрамында кальций силикаттары (70-80%) басым болатын цемент клинкерін, гипсті және қоспаларды бірге ұнтақтау арқылы алынған гидравликалық қатайтатын байланыстырғыш зат. Портландцементті алғаш рет француз Луи Вика 1840 жылы алған. Материал өз атауын Ұлыбританиядағы Портленд аралының атымен алды, өйткені оны қосумен алынған жасанды тас түс схемасы бойынша сол жерде өндірілген табиғи тасқа ұқсас. Портландцементтің негізі-силикаттар (Алит және белит).

ҚР аумағында цементтерге қатысты МЕМСТ 30515 – 2013 «Цементтер. Жалпы техникалық шарттар»;

Бүгінгі таңда ҚР-да цемент өндірумен келесі компаниялар айналысады:

«HeidelbergCement» компаниялар тобы [74]. Қазақстанда келесі ұйымдар ұсынылған: «Бұқтырма цемент компаниясы», «КаспийЦемент», «Шымкентцемент», дилерлер мен серіктестер «Байқаз Бетон» және «Бектас group». «HeidelbergCement» Қазақстан нарығында 2005 жылдан бері жұмыс істейді. Қазіргі уақытта Қазақстанда «HeidelbergCement» тобына кіретін бірнеше жергілікті компанияларда 2000-ға жуық қызметкер жұмыс істейді, олардың қызметі цемент, тауарлық бетон және инертті материалдарды өндірумен және сатумен байланысты.

«Бұқтырма цемент компаниясы» ЖШС-Қазақстан Республикасының цемент саласының жетекші кәсіпорны. Зауыт Өскемен қаласында орналасқан. Зауыт дымқыл өндіріс әдісімен жұмыс істейді. Өндірілетін байланыстырғыш заттардың кең номенклатурасы бар, Қазақстан Республикасының барлық өңірлеріне жеткізуді жүргізеді. Зауыт, оның ішінде ЦЕМ II/A-III 42,5 Н маркалы портландцемент өндіреді.

«КаспийЦемент» - Маңғыстау облысында, Ақтау қаласының маңында, Шетпе кентінде орналасқан жаңа цемент зауыты. «КаспийЦемент» зауыты мұнай және газ өнеркәсібі цементтің көп мөлшерін тұтынатын Қазақстанның батыс өңірі үшін өте маңызды. Бұрын бұл аймақта цемент зауыттары болмаған және цементті көрші елдерден әкелуге тура келген. Енді еліміздің батыс өңіріндегі жалғыз зауыт бола отырып, «Каспий цементі» өңір құрылысшыларының қажеттіліктерін байланыстырғыш заттармен толық қанағаттандырады, сондай-ақ көршілес Каспий маңы елдеріне өнім экспорттайтын болады. Зауыт құрғақ өндіріс әдісімен жұмыс істейді.

Оңтүстік Қазақстан облысы Шымкент қаласында орналасқан «Шымкентцемент» зауыты 1958 жылы құрылған. Ия, бүгінгі күні зауыт дымқыл әдіспен жұмыс істейді, бірақ 2014 жылы құрғақ өндірістің жаңа желісін қалыптастыру басталды. Жақын арада оны іске қосу жоспарлануда.

«СтандартЦемент» [75] – зауыт орналасқан Оңтүстік Қазақстан облысы, Шымкент қаласы, Қызылсай станциясы. өндіріс құрғақ әдіспен жүргізіледі.

«Jambyl CEMENT» зауыты [76] - зауыт Жамбыл облысында, Мойынқұм ауданында, Мыңарал ауылында орналасқан. Өндіріс әдісі құрғақ. Пайдалануға берілген күні-2010 жыл. Мыңарал зауыты Еуро-4 санатына жатады, яғни қоршаған ортаға зиянды заттардың шығарындылары жоқ.

«Қарағанды цемент зауыты» [77] (1998 жылдан бастап - акционерлері малайзиялық кәсіпкерлер болып табылатын «Central Asia Cement» АҚ) - Қазақстан Республикасының цемент өнеркәсібіндегі ең көне кәсіпорындардың бірі. «Central Asia Cement Steppe Cement» компаниялар холдингіне кіреді және Қарағанды облысының Ақтау кентіндегі цемент зауытында цемент өндірісінің құрылымы болып табылады. Өндіріс әдісі құрғақ және дымқыл. Белсенді минералды қоспалар-саз, қож, гипс, пемза, темір рудасы.

Қолданылатын нормативтік құжаттамаға сәйкес байланыстырғыш заттың сипаттамаларына зерттеулер жүргізілді. Цемент маркасын таңдағанда ғылыми зерттеулер ғана емес, экономикалық факторлар да ескерілді. Зерттелетін бетон бренді М400 В30 класы ЦЕМ I 52,5 Н емес, оның құрамында

ЦЕМ II/A-III 42,5 Н цементті пайдалануға мүмкіндік береді. ЦЕМ II/A-III 42,5 Н цементтің беріктік сипаттамалары соңғы конгломераттың қажетті физика-техникалық сипаттамаларын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, ЦЕМ II/a-III цементінің құны 42,5 Н ЦЕМ I 52,5 Н-ден төмен, сондай-ақ ЦЕМ II/A-III 42,5 Н құрамындағы шлактар қоспа су ұстау әсерін алуға мүмкіндік береді. 1-кестеде МЕМСТ 31108 – 2020 «Жалпы құрылыс цементтері. Техникалық шарттар» [78].

1 Кесте - ЦЕМ II/A-III 42,5Н Физикалық-техникалық қасиеттері

Атауы	Қоспалары бар Портландцемент
28-ші тәулікке сығукезіндегі беріктік сыныбы	42,5
2 (7) тәулікке сығуберіктігі бойынша кіші сынып	Қалыпты қатаю
Нормативтік құжат	МЕМСТ 31108-2020
2 тәулік жасындағы сығуберіктігі (МПа)кем емес	10
7-және тәулік жасындағы сығуберіктігі (МПа)кем емес	нормаланбайды
28-және тәулік жасындағы сығуберіктігі (МПа)кем емес	42,5
28 тәулік жасындағы сығуберіктігі (МПа)артық емес	62,5
Орнатудың басталуы (мин) бұрын емес	60

1 кестеде МЕМСТ 31108 – 2020 «Жалпы құрылыс цементтері. Техникалық шарттар».

Айта кету керек, цемент құрамындағы минералды қоспаның құрамы (қож түрінде) оның оң әсеріне және ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетон құрамындағы жұмысына сенуге мүмкіндік береді. Қож суды ұстау қабілетіне, сегрегацияға төзімділікке және шөгу деформацияларының төмендеуіне әсер ететін қоспа компонент ретінде жұмыс істейді. Минералды қоспалардың өздігінен нығыздалатын бетон қоспаларының, атап айтқанда домендік қождар мен Ұшпа күлдердің қасиеттеріне әсері көптеген ғылыми-зерттеу еңбектерінде зерттелген және сипатталған [79-80].

2 кесте - Цемент құрамы

Атауы	Мазмұны
Портландцемент клинкер	80-нен 94-ке дейін, пайыз
Минералды қоспаның түрі	Қож, 6-дан 20-ға дейін, пайыз
Көмекші компоненттер	0-ден 5-ке дейін, пайыз

Қажетті физикалық-техникалық сипаттамаларға қол жеткізу үшін байланыстырғыш затты таңдағанда негізгі критерий тек байланыстырғыш заттың беріктігі ғана емес, сонымен қатар оны ұнтақтаудың майдалығы болатынын ескеру қажет.

Ұнтақтаудың майдалығы – МЕМСТ 30744-2001 «Цементтер. Полифракциялық құмды қолдану арқылы сынау әдістері» [81].

Қажетті сипаттаманы зерттеу әдісімен таңдау електен себу арқылы таңдалады, өйткені бұл ұнтақтаудың нәзіктігін анықтаудың ең кең тараған әдісі және жұмыста көрсетілген нәтижелерді тауарлық бетон мен темірбетон өндірістерінде де оңай қолдануға болады.

3 Кесте - Ұнтақтаудың майдалығын анықтауға арналған сынақ нәтижелері (ЦЕМ II / А-III 42,5 Н)

Цементтің атауы	Ұнтақтау майдалығы, %
«Бухтара цемент компаниясы»	94,65
«Каспий цемент»	92,53
«Шымкентцемент»	90,50
«Стандартцемент»	90,05
«Жамбылцемент»	91,30
«Қарцемент»	93,65

3 Кесте цементті ұнтақтаудың майдалығы анықтауға арналған сынақтардың нәтижелерін көрсетеді. Ұнтақтаудың майдалығы маңызды сипаттама болып табылады, өйткені сумен, күрделі химиялық қоспамен және минералды қоспамен әрекеттесетін кристалды қосылыстардың қажетті мөлшерін қалыптастыру үшін цемент дәндердің қажетті мөлшеріне ие болуы керек. Бұған назар аудару керек, өйткені ұнтақтаудың майдалығы цемент дәнінің ылғалдану дәрежесіне әсер етеді. Мысалы, егер цемент дәндерінің мөлшері 35-тен 60 мкм-ге дейін болса, онда гидролиз және гидратация реакциясы сәйкесінше 15-тен 25 мкм-ге дейін тереңдікке енеді. Осыған байланысты түйіршіктің ішкі бөлігі ылғалдану реакциясына ұшырамайды және цемент желімінің түзілу процесіне қатыспай «инертті» болады [82]. Бұл аспект ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетон қоспасының және түпкілікті өнімнің ҰТӨНБ – ның физикалық-техникалық көрсеткіштеріне ғана емес, сонымен қатар қолданылатын шикізат компоненттерінің экономикалық тиімділігіне де әсер етеді.

Қолданылатын байланыстырғыш түрін анықтау үшін МЕМСТ 30744 – 2001 «Цементтерге сәйкес сығу беріктігін анықтауға сынақ жүргізілді. Полифракциялық құмды қолдану арқылы сынау әдістері» [81]. Беріктігі 42,5 Н цемент сыныбы үшін сығу кезінде беріктік сипаттамаларын анықтауға арналған сынақтар 2 және 28 тәулік жасында жүргізіледі. Нормативтік мәндер:

- 2 тәулік жасында - 10 МПа;
- 28 тәулік жасында - 42,5 МПа-дан 62,5 МПа-ға дейін.

Сынақ нәтижелері 4 және 5 кестелерде келтірілген.



4 Кесте - 2 тәулік жасында сығукезінде беріктігін анықтауға арналған сынақтардың нәтижелері (ЦЕМ II / А-III 42,5 Н)

Цементтің атауы	2 тәулік жасында сығукезіндегі беріктік, МПа
«Бухтара цемент компаниясы»	12,65
«Каспий цемент»	13,04
«Шымкентцемент»	12,27
«Стандартцемент»	11,65
«Жамбыл Цемент»	9,45
«Карцемент»	11,34

5 Кесте – 28 тәулік жасында сығукезінде беріктігін анықтауға арналған сынақтардың нәтижелері (ЦЕМ II / А-III 42,5 Н)

Цементтің атауы	28 тәулік жасында сығукезіндегі беріктік, МПа
«Бухтара цемент компаниясы»	45,27
«Каспий цемент»	44,80
«Шымкентцемент»	44,25
«Стандартцемент»	43,05
«Жамбыл Цемент»	42,77
«Карцемент»	44,10

Сынақ нәтижелерінен көріп отырғаныңыздай, барлық үлгілер 28 күндік сығу кезінде қажетті күшке ие болды. Сынақ нәтижелері бойынша үлгілер арасындағы айырмашылық 6,5 пайызға дейін. Осыған байланысты ұнтақтаудың беріктігі мен жіңішкелігін анықтауға арналған сынақтардың нәтижелерін бірлесіп қарастыру қажет. МЕМСТ 31108 – 2020 «Жалпы құрылыс цементтері. Техникалық шарттар» ұнтақтаудың майдалығы үшін нормативтік мәнге ие емес, бұрын сипатталғандай, бұл көрсеткіш бетон қоспасы мен бетонның соңғы қасиеттеріне жоғары әсер етеді. Осыған байланысты, жұмыста жобаланатын және зерттелетін құрамдар үшін байланыстырғыш зат ретінде 2 және 28 тәулік жасында сығымдау кезінде нәзіктік пен ұнтақтау және беріктік бойынша зерттелетін ең жоғары көрсеткіштерге ие «Бұқтырма цемент компаниясы» компаниясы өндірісінің II/A-III 42,5 Н ЦЕМ қабылданады.

Бетонның ұсақ түйіршікті түрі жобалануға жататындықтан, қиыршық тас құрамнан алынып тасталады және зерттеуге жатпайды.

Бұл зерттеу жұмысында толтырғыштың рөлін атқаратын компонент-күм. Күм - шөгінді тау жынысы, сонымен қатар тау жыныстарынан тұратын жасанды материал. Көбінесе таза кварц минералынан (кремний диоксиді)

тұрады. Табиғи құм – қатты жыныстардың ыдырауынан пайда болған 0,16-5 мм дәндердің қоспасы. Жинақтау жағдайларына байланысты олар аллювиалды, делювиалды, теңізді, көлді болуы мүмкін. Су объектілері мен су ағындарының белсенділігі нәтижесінде пайда болған құмдар дөңгелек, дөңгелек пішінді болады.

Құм бетондарда ұсақ толтырғыш (толтырғыш) ретінде қолданылады. Тұнба құрамына байланысты оның қолдану саласы әртүрлі болады. Сонымен, 2,5-3,0 түйіршікті модулі бар құмдар ауыр бетондарды өндіруге қолайлы, ал 0,7-2,0 түйіршікті модулі бар құмдар жеңіл торлы бетондарда қолданылады.

ҚР аумағында құрылыс жұмыстарына арналған құмға қатысты (бетондарда ұсақ толтырғыш ретінде пайдалану үшін) МЕМСТ 8736 – 2014 «Құрылыс жұмыстарына арналған құм. Техникалық шарттар».

ҚР шикізат базасы нарыққа әртүрлі мақсаттағы құмдарды жеткізу бойынша кең мүмкіндіктерге ие. Аймаққа байланысты құмдардың өзіндік ерекшеліктері мен сипаттамалары бар. Кварц құмы қаңылтыр техникалық шыны, автомобиль әйнегі, шыны блоктар, витриналар, арнайы бұйымдарға арналған шыны талшықтар, зертханалық, медициналық, парфюмерлік шыны, электронды техникаға арналған шыны бұйымдар, консервіленген ыдыстар мен ағартылған шыныдан жасалған бөтелкелер, сұрыптық ыдыс, Құю өндірісі үшін пайдаланылады (ҚР – дағы ең ірі кен орындарының бірі-Солтүстік Қазақстан облысының Айсары кен орны). Бетондарда қолдануға арналған құмдар елдің әр аймағында бар. Алайда, мұнда кейбір ерекшеліктер бар.

Климаттық жағдайлар мен топырақ сорттарының айырмашылығына байланысты БҚО негізінен құм-қиыршық тас қоспаларына ие. Шаң тәрізді қосындылардың саны көбінесе бұл құмдардың 2-классқа қатынасын болжайды (МЕМСТ 8736 – 2014 сәйкес «Құрылыс жұмыстарына арналған құм. Техникалық шарттар» [83]). Оңтүстік Қазақстан облысында бетондар үшін құм өндіру үшін өте негіз бар. Су айдындарының, өзендердің (Алматы облысының таулы өзендерінің) болуы өзен құмдарының болуын, нормаланған гранулометриясы бар таза құмдардың артықшылығын анықтайды. Сондай – ақ, ҚР нарығында жеңіл торлы бетондар өндірісінде қолданылатын ұнтақ модулі (топ-ұсақ, өте таяз) бар құмды құмдар бар. Зерттелетін аймақтың топырағы мен климатының қасиеттеріне байланысты елдің солтүстік өңірінің (атап айтқанда Астана қ.) құмдарында шаң тәрізді қосындылардың көп саны, қалыптан тыс гранулометриялық құрамы (ірі қосындылардың көп саны, 0,63-1,25 мм фракция дәндерінің аз саны (кейде болмауы) болады.

Ұсақ түйіршікті және өздігінен нығыздалатын бетондарды өндіру үшін құмдар қолданылады, олар гранулометриялық құрамды нормалау, жуу және кептіру бойынша қоспа қайта бөлуден өтеді. Бірақ ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетондарды өндірудің экономикалық орындылығын есептеу барысында көрсетілгендей, ҰТӨНБ қарапайым ауыр бетондармен салыстырғанда жоғары өзіндік құнға ие. Осыған байланысты, зерттеу барысында композицияларды жобалауға қолайлы құмды табу орынды болады, ол орнатуды және оны өңдеу үшін қоспа қайта бөлуді қажет етпейді.

Жұмысты орындау барысында келесі құм жеткізушілерінен алынған үлгілер зерттелді:

- «Реалкум» карьері;
- «Тасқұм» карьері;
- «Марк» карьері;
- «Арна» карьері;
- «Гияда карьері;
- «Белокан» карьері;
- «Ильинка» карьері;
- «Коши» карьері;
- «Рождество» карьері.

Шикізат компоненті ретінде құмды таңдауда негізгі физика – техникалық сипаттамалары: ұнтақ модулі, шаң мен саз қоспаларының саны болады.

Бұдан әрі ұнтақтылық Модулінің №063 електегі қалдықтарға сәйкестігін (ұяшықтың мөлшері 0,63 мм) және зерттелетін құмдардағы шаң тәрізді және сазды қосындылар санын анықтау бойынша сынақ нәтижелері ұсынылады.

Құм түйіршіктерінің модулі келесі бақылау електері арқылы себу нәтижелері бойынша анықталады: 10 мм; 5 мм; 2,5 мм; 1,25 мм; 0,63 мм; 0,35 мм; 0,16 мм, МЕМСТ 8735 – 88 (СЭВ СТ 5446-85) СЭВ СТ 6317-88 «Құрылыс жұмыстарына арналған құм. Сынақ әдістері» [84]. Үлкендік модулін есептеу кезінде алынған себу деректері 5 және 10 мм електердегі қалдықтарды есепке алмай пайдаланылады. құмдағы барлық бөлшектердің үлкендігі 5 мм - ден асады. 0,16 мм ұяшық өлшемі бар електен өткен ірі қосындылар мен бөлшектердің саны бойынша сапа кластарының бірі құмға тағайындалады: I немесе II.

Шаң тәрізді және сазды қосындылардың саны МЕМСТ 8735 – 88 (СЭВ СТ 5446-85) СЭВ СТ 6317-88 «Құрылыс жұмыстарына арналған құм. Сынақ әдістері» [84]. Сынақтар шаң тәрізді және сазды бөлшектердің құрамын 0,05 мм-ге дейінгі бөлшектерді шаң басқаннан кейін құм массасының өзгеруімен анықтауды көздейтін шаң басу әдісімен жүргізілді.

Кесектердегі саздың құрамы МЕМСТ 8735 – 88 (СЭВ СТ 5446-85) СЭВ СТ 6317-88 «Құрылыс жұмыстарына арналған құм. Сынақ әдістері» [84].

Бұдан әрі кестелік түрде жүргізілген зертханалық сынақтардың нәтижелері ұсынылады (6-14-ші кестелер бойынша).

#### 6 Кесте – «Реалкум» карьерінен құмды сынау нәтижелері

Сынақ атауы	НҚ бойынша норма	Нақты нәтижесі
Ірілік модулі	2-ден 3-ке дейін «Ірі» группасы	2,89
Електегі қалдық 0,63 мм, пайыз	45-тен 60-ка дейін	63,50
Дәндердің мөлшері:	I класс үшін	

10 мм – ден жоғары	0,5	0,37
5 мм – ден жоғары	5	3,71
0,16 мм-ден аз	5	2,45
Шаң тәрізді және сазды қоспалардың саны және құм класы, пайыз	2- ге дейін I класс үшін	1,98 класс I
Кесектердегі саздың мөлшері, пайыз	0,25- ке дейін I класс үшін	0,12

7 Кесте – «Тасқұм» карьерінен құмды сынау нәтижелері

Сынақ атауы	НҚ бойынша норма	Нақты нәтижесі
Ірілік модулі	3-тен 3,5-ке дейін «Аса ірі» группасы	3,05
Електегі қалдық мөлшері 0,63 мм, пайыз	65-тен 75-ке дейін	76,43
Дәндердің мөлшері: 10 мм – ден жоғары 5 мм – ден жоғары 0,16 мм-ден аз	II класс үшін 5 20 40	3,87 15,45 4,12
Шаң тәрізді және сазды қоспалардың саны және құм класы, пайыз	3-ке дейін II класс үшін	2,65
Кесектердегі саздың мөлшері, пайыз	0,5- ке дейін II класс үшін	1,28

8 Кесте – «Марк» карьерінен құмды сынау нәтижелері

Сынақ атауы	НҚ бойынша норма	Нақты нәтижесі
Ірілік модулі	2-ден 2,5- ке дейін «Орташа» группасы	2,49
Електегі қалдық мөлшері 0,63 мм, пайыз	30- ден 45- ке дейін	43,02
Дәндердің мөлшері: 10 мм – ден жоғары 5 мм – ден жоғары 0,16 мм-ден аз	I ші класс үшін 0,5 5 5	0,27 3,16 1,68

Шаң тәрізді және сазды қоспалардың саны және құм класы, пайыз	2- ге дейін, I ші класс үшін	1,03
Кесектердегі саздың мөлшері, пайыз	0,25-ке дейін, I ші класс үшін	0,16

9 Кесте – «Арна» карьерінен құмды сынау нәтижелері

Сынақ атауы	НҚ бойынша норма	Нақты нәтижесі
Ірілік модулі	2- ден 2,5- ке дейін «Орташа» группасы	2,03
Електегі қалдық мөлшері 0,63 мм, пайыз	30- дан 45- ке дейін	28,3
Дәндердің мөлшері: 10 мм – ден жоғары 5 мм – ден жоғары 0,16 мм-ден аз	I класс үшін 0,5 5 5	0,21 2,74 5,06
Шаң тәрізді және сазды қоспалардың саны және құм класы, пайыз	2- ге дейін I класс үшін	2,30
Кесектердегі саздың мөлшері, пайыз	0,25- ке дейін I класс үшін	0,16

10 Кесте – «Гияда» карьерінен құмды сынау нәтижелері

Сынақ атауы	НҚ бойынша норма	Нақты нәтижесі
Ірілік модулі	3- тен 3,5- ке дейін «Аса ірі» тобы	3,10
Електегі қалдық мөлшері 0,63 мм, пайыз	65-тен 75-ке дейін	68,50
Дәндердің мөлшері: 10 мм – ден жоғары 5 мм – ден жоғары 0,16 мм-ден аз	II класс үшін 5 20 40	3,84 15,5 7,32
Шаң тәрізді және сазды қоспалардың саны және құм класы, пайыз	2- ге дейін I класс үшін	4,12

Кесектердегі саздың мөлшері, пайыз	0,25- ке дейін I класс үшін	0,68

11 Кесте – «Белокан» карьерінен құмды сынау нәтижелері

Сынақ атауы	НҚ бойынша норма	Нақты нәтижесі
Ірілік модулі	2- ден 3- ке дейін «Ірі» тобы	2,96
Електегі қалдық мөлшері 0,63 мм, пайыз	45-тен 60- қа дейін	59,1
Дәндердің мөлшері: 10 мм – ден жоғары 5 мм – ден жоғары 0,16 мм-ден аз	II класс үшін 5 15 15	17,10 12,41 3,73
Шаң тәрізді және сазды қоспалардың саны және құм класы, пайыз	3- ке дейін II класс үшін	1,20
Кесектердегі саздың мөлшері, пайыз	0,5- ке дейін II класс үшін	0,34

12 Кесте – «Ильинка» карьерінен құмды сынау нәтижелері

Сынақ атауы	НҚ бойынша норма	Нақты нәтижесі
Ірілік модулі	2- ден 3- ке дейін «Ірі» тобы	2,71
Електегі қалдық мөлшері 0,63 мм, пайыз	45-тен 60- қа дейін	61,40
Дәндердің мөлшері: 10 мм – ден жоғары 5 мм – ден жоғары 0,16 мм-ден аз	II класс үшін 5 15 15	3,15 9,25 6,17
Шаң тәрізді және сазды қоспалардың саны және құм класы, пайыз	3- ке дейін II класс үшін	1,91
Кесектердегі саздың мөлшері, пайыз	0,5- ке дейін II класс үшін	0,15

13 Кесте – «Коши» карьерінен құмды сынау нәтижелері

Сынақ атауы	НҚ бойынша норма	Нақты нәтижесі
Ірілік модулі	2- ден 3- ке дейін «Ірі» тобы	2,61
Електегі қалдық мөлшері 0,63 мм, пайыз	45-тен 60- қа дейін	51,83
Дәндердің мөлшері: 10 мм – ден жоғары	II класс үшін 5	3,29
5 мм – ден жоғары	15	6,18
0,16 мм-ден аз	15	2,81
Шаң тәрізді және сазды қоспалардың саны және құм класы, пайыз	3- ке дейін II класс үшін	2,30
Кесектердегі саздың мөлшері, пайыз	0,5- ке дейін II класс үшін	0,28

14 Кесте – «Рождественка» карьерінен құмды сынау нәтижелері

Сынақ атауы	НҚ бойынша норма	Нақты нәтижесі
Ірілік модулі	2-ден 3- ке дейін «Ірі» тобы	2,88
Електегі қалдық мөлшері 0,63 мм, пайыз	45-тен 60- қа дейін	49,50
Дәндердің мөлшері: 10 мм – ден жоғары	II класс үшін 5	1,15
5 мм – ден жоғары	15	10,43
0,16 мм-ден аз	15	4,58
Шаң тәрізді және сазды қоспалардың саны және құм класы, пайыз	3- ке дейін II класс үшін	2,41
Кесектердегі саздың мөлшері, пайыз	0,5- ке дейін II класс үшін	0,12

Талдау нәтижелері бойынша жұмыста жобаланған және зерттелген композициялар үшін ұсақ толтырғыш ретінде «Марк» карьерінің құмы таңдалды. Дәл осы жеткізушіні таңдаудың себебі – ең аз бос орындары бар

толтырғыштардың матрицасын құруға мүмкіндік беретін орташа модульдік топ, сонымен қатар оның таңдауына шаң тәрізді бөлшектердің ең аз мөлшері себеп болды.

Ұсақ толықтырғыштағы шаң қоспаларының құрамы композицияны таңдауда, өздігінен нығыздалатын бетон қоспасы мен соңғы конгломераттың қажетті физикалық-техникалық сипаттамаларын алуда үлкен маңызға ие. Нормативтік құжаттамаға сәйкес, өздігінен нығыздалатын бетон да анықталатын ауыр бетондар үшін ұсақ толтырғыш ретінде, ірі және орташа мөлшері 3 % болатын жоғары ірі топтар үшін шаң тәрізді және сазды қоспалардың максималды саны бар құмдарды пайдалануға болады. Зертханалық және өндірістік сынақтардың нәтижелеріне сәйкес тәуелділік анықталды, оған сәйкес шаң мен сазды қосындылардың саны артқан кезде бетон қоспасы мен түпкілікті өздігінен нығыздалатын бетонның қасиеттерінде өзгерістер болды. Өздігінен нығыздалатын бетондар үшін ұсақ толықтырғыш ретінде қолдану үшін оңтайлы материал 0-ден 1,5 %-ға дейінгі мөлшердегі шаң тәрізді және сазды қоспалар саны бар құм [85].

Құмдағы бөгде қоспалардың мұндай саны су-цемент қатынасына, химиялық қоспаның сутектендіруші және пластификациялаушы қасиеттеріне, конустың жайылымлануына және бетон қоспасының жұмысқа жарамдылығына айтарлықтай әсер етпейді. Шаңды және сазды құмдарды ұсақ толтырғыш ретінде пайдаланған кезде 1,5-тен 2 %-ға дейінгі мөлшердегі қоспалар байқалады:

- Су-цемент қатынасының 5-10-ға артуы пайыз;
- Қоспаның жұмыс қабілеттілігінің төмендеуі, конустың жайылымлығының 30 – 70 мм төмендеуі;
- Қоспаның тұтқырлығын арттыру, V - тәрізді шұңқыр арқылы шығу уақытын 3 – 6 секундқа ұлғайту; - сығылған кезде бетонның текше беріктігін 7 – 10 пайызға төмендету.

Шаңды және сазды құмдарды ұсақ толтырғыш ретінде қолданған кезде 2-ден 2,5 пайызға дейінгі мөлшердегі қоспалар байқалады:

- Су-цемент қатынасының 10-20 пайызға артуы - қоспаның жұмысқа жарамдылығының төмендеуі, конустың жайылымлығының 70-90 мм – ге төмендеуі;
- Қоспаның тұтқырлығын арттыру, V - шұңқыр арқылы шығу уақытын 7 – 10 секундқа арттыру;
- Сығымдау кезінде бетонның текше беріктігін 11-17 %-ға төмендету.

Өздігінен нығыздалатын бетон қоспалары мен бетонның физика-техникалық сипаттамаларының өзгеруінің негізгі себебі қоспада шаң және саз қоспалары болған кезде поликарбонат эфирлеріне негізделген химиялық қоспалардың тиімділігінің төмендеуі болып табылады. Өздеріңіз білетіндей, мотолин мен меламина сульфонаттарының мысалында полимер молекуласы теріс электр зарядына байланысты цемент дәнінің бетімен адсорбцияланады. Цемент дәндерінің электростатикалық итерілуіне байланысты дисперсияға



қоспа, бұл дәндер ұзын бүйір тізбектерінің арқасында бір-бірінен қашықтықта ұсталады. Бұл әрекет принципі «кеңістіктік дисперсия» деп аталады. Осылайша, бетон қоспасында шаң тәрізді жұқа бөлшектер болған кезде, бұл принцип тек цемент түйірлері ғана емес, сонымен қатар композиттің құрамындағы шаң мен саз қоспаларының түйірлеріне де тарала бастайды. Осыған сүйене отырып, қоспа тек байланыстырғыш заттармен ғана емес, сонымен қатар қоспадағы бөгде заттармен де өзара әрекеттесуді бастайды, бұл оның шығынын арттыру қажеттілігіне әкеледі. Осылайша, қоспалар саны 2,5 – тен 3%-ға дейінгі құмдарды пайдалану химиялық қоспаның шығынын арттыру қажеттілігін тудырады-қоспаның қажетті реологиялық қасиеттерін қамтамасыз ету және байланыстырғыш заттардың шығынын арттыру-жобалық жаста беріктік жиынтығын қамтамасыз ету, бұл экономикалық тұрғыдан мүмкін емес.

Қарастырылып отырған бетон түріне химиялық қоспаны таңдау өте маңызды техникалық шешім болып табылады. Дұрыс таңдау үшін ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетон қоспасының физикалық-техникалық сипаттамаларын ескеру қажет, сонымен қатар химиялық қоспаның қандай қасиеттері болуы керек, оның әсер ету механизмі қандай болады, оның шикізатпен өзара әрекеттесуі және бетон қоспасы мен ҰТӨНБ - ға соңғы әсері.

Біз білетіндей, қазіргі уақытта химиялық қоспалар нарығы өте кең. Нафталин сульфаттары негізінен бетондағы қатаю суын азайтуға бағытталған. Оның орнына бастапқы материалдың жаңа түрі – поликарбонат келді.

Поликарбонаттың нафталинді қоспаларымен салыстырғанда артықшылығы ғылыми қауымдастықтардың зерттеулері бірнеше рет дәлелденді. Бұл тұжырым, оның ішінде жұмыс нәтижелеріне негізделген [86].

Жоғарыда аталған жұмыста поликарбонат эфирі (PCE), поликарбонат эфирі + лигносульфонат (PCE+Lig), нафталин сульфаты (SNF), нафталин сульфаты + лигносульфонат (SNF+Lig) және лигносульфонат (Lig) таза күйінде қарастырылады. Зерттеулер көрсеткендей, PCE поликарбонат эфирлеріне негізделген гиперпластификаторларды қолдану келесі әсер береді:

- бетон қоспасының қозғалғыштығын (жұмысқа жарамдылығын) құю сәтінен бастап 2 сағат ішінде сақтау;

- бетонның беріктігі 7 тәулікке 107 пайызын құрады. Осылайша, сынақтар PCE қоспасы бетонның физикалық және техникалық сипаттамаларын төмендетпей, тіпті оларды арттырмай, бетон қоспасының жұмыс қабілеттілігін сақтайтынын көрсетті.

Сондай-ақ, бетонға поликарбонат қоспаларын таңдауды дәлелдеу үшін 15-кестеде нафталин сульфаттарымен салыстырғанда қасиеттерді салыстырмалы талдау ұсынылады.

15 Кесте - Поликарбонат пен нафталин қоспаларын салыстырмалы талдау

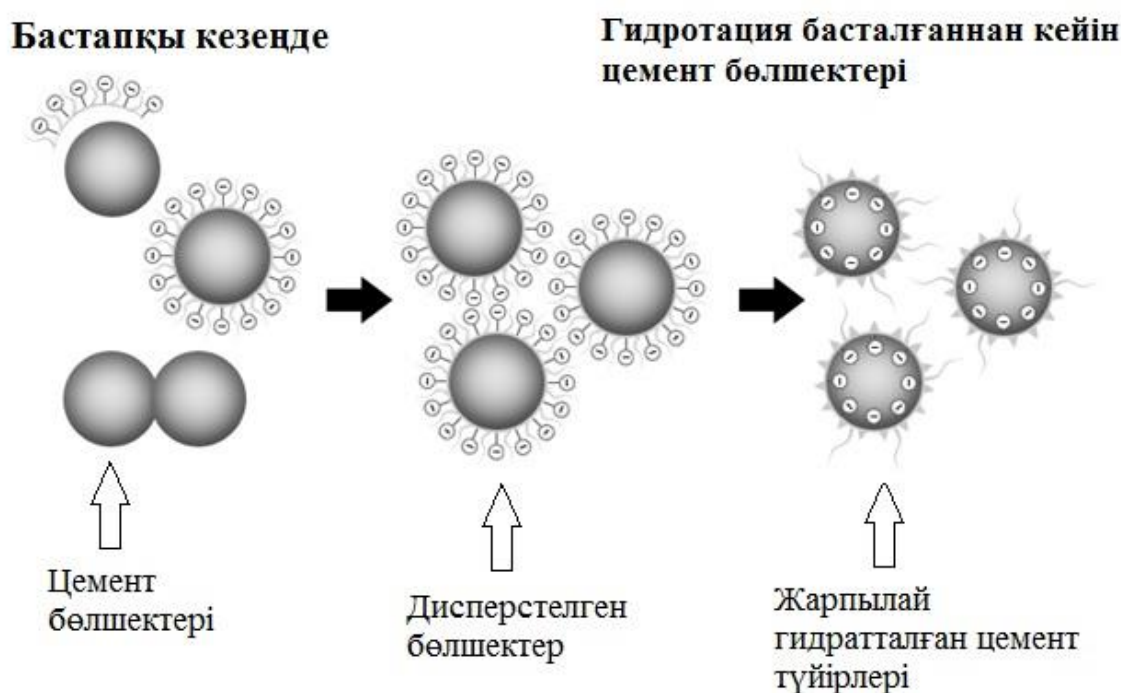
Критерийлер	Нафталин сульфонаттар қоспасы	Поликарбонаттар қоспасы
Қоспаның мөлшері	байланыстырғыш массасының 1-ден 3,5 пайызына дейін	байланыстырғыш массасының 0,8-3 пайызы
Байланыстырғыш шығынының азаюы	төмен беріктікте байланыстырғыштың мөлшерін көбейту қажет болады, бұл қоспаны тұтынудың жоғарылауына және өзіндік құнның жоғарылауына әкеледі. Қоспаны тұтынудың артуы байланыстырғыш затты үнемдеуге әсер етпейді	байланыстырғыштың түріне және сапалық сипаттамаларына байланысты байланыстырғыш мөлшерінің 5-10 пайызына төмендеуі
Ерте беріктік	жоқ, қосымша үдеткіштерді енгізу қажет болады	қатаю кинетикасының 10-15 пайызға артуы, қосымша экономикалық әсері бар
Ұтқырлықты сақтау	айтарлықтай өсім жоқ	қысқа және ұзын тізбекті модераторлардың тіркесімі арқасында 1-ден 6 сағатқа дейін бар
Қоспаның шығынға қатысты тиімділігі	көрнекі әсерге жету үшін 1 ден 2 ге дейін енгізу қажет пайыз	енгізілген қоспаның әрбір 0,2-0,5 пайыз әсерінің өзгеруі
Сутектеу	1-ден 5-ке дейін пайыз	5-тен 25-ке дейін пайыз

Поликарбонат эфирлеріне негізделген қоспалар нарығына шығу инженерлік шекараны едәуір кеңейтті. Поликарбонат эфирлерінің әсер ету механизмі қақпа суының мөлшерін азайтып қана қоймай, сонымен қатар бетон қоспаларының қозғалғыштығын сақтау көрсеткішін басқаруға, бетонға тартылатын ауа мөлшерін көбейтуге немесе азайтуға (түпкі мақсатқа байланысты), соңғы конгломераттың су өткізбейтіндігі мен аязға төзімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Құрылыс саласында поликарбонат эфирлеріне негізделген химиялық кешенді қоспалардың пайда болуы Құрылыс

материалдары саласы үшін бұрын қол жетпейтін міндеттерді орындауға мүмкіндік берді. Мұндай қоспалар үшін РС немесе РСЕ белгілері немесе жалпы атауы – гиперпластификаторлар қолданылады.

Пластификаторлардың жаңа түрінің әрекеті поликарбоксилат эфир молекуласының бүйірлік гидрофобты полиэфир тізбектері арқылы қол жеткізілетін электростатикалық және кеңістіктік әсердің жиынтығына негізделген.

Осыған байланысты поликарбоксилаттардың пластификациялау әсерінің ұзақтығы сульфомеланин, сульфонафталин формальдегидтерімен немесе лигносульфонаттармен салыстырғанда 3-4 есе көп. Бұл қабілет ертерек ерітіндінің қозғалғыштығын арттырып қана қоймай, оны ұзақ уақыт сақтауға мүмкіндік береді, бұл бетон қоспаларын зауыттардан құрылыс алаңдарына тасымалдау уақытына оң әсер етеді.



1 Сурет - Поликарбоксилатты эфирлермен дисперсия процесінің схемалық бейнесі [87]

Гиперпластификаторлардың әсер ету механизмі поликарбоксилат бөлшектері цемент түйірлерінің бетіне адсорбцияланып, оларға теріс заряд береді. Нәтижесінде цемент түйірлері өзара итеріліп, цемент ерітіндісін қозғалысқа келтіреді. Цемент дәнінің аз ғана бөлігі полимермен жабылған, ал цемент молекуласының бос беті суға қол жеткізу және ылғалдану реакциясы үшін жеткілікті. Айта кету керек, полимерлердің құрылымдары негізгі тізбектің ұзындығы, бүйірлік тізбектердің ұзындығы, бүйірлік тізбектердің саны және иондық заряд бойынша ерекшеленеді. Сондықтан полимерлердің қасиеттерін молекулалық құрылымды өзгерту және бетонның қасиеттеріне бағытталған әрекет ету арқылы басқаруға болады. Поликарбоксилаттардың әсер ету механизмі 1 суретте тізбек түрде көрсетілген.

ҚР-да бетондар мен ерітінділерге арналған химиялық қоспалар нарығы негізінен Ресей, неміс, корей, француз және түрік өндірісінің импорттық қоспаларымен ұсынылған.

Нарықтағы негізгі маркалар:

- Sika Қазақстан. Қазақстан Sika өнімі Республика нарығында бетондар мен құрылыс ерітінділеріне арналған қоспалар желімімен ғана емес, сонымен қатар гидрофобизирлеуші желімдермен, құрғақ құрылыс қоспаларымен және тұздық құрамдарымен де ұсынылған. Химиялық қоспалар өнімдерінің желілері компанияда Sika viscocrete-5 FFC қоспасы бар, ол техникалық сипаттамаға сәйкес өзін-өзі нығыздайтын бетон қоспасы ретінде орналастырылған [88].

- BASF Central Asia. Қазақстанда бетондар мен құрылыс ерітінділеріне арналған қоспалардың негізгі жеткізушілерінің бірі ретінде орналастырылған. Қазақстан Республикасында қоспалар өндіретін алғашқы зауыт 2006 жылы Астана қаласында ашылды. BASF брендінің қоспалары неміс өндірісінің шикізаты негізінде жасалады. Basf сонымен қатар өздігінен нығыздалатын бетондарда қолдануға арналған қоспаларды шығарады, мысалы: MasterGlenium 128 [89], Masterglenium 115 [90], mastermatrix 100 [91] және басқалар.

- Полипласт Қазақстан. «Полипласт» өнімдері Қазақстан нарығында 2005 жылдан бері ұсынылып келеді. Полипласт құрылыс саласына осындай қоспаларды ұсынады ӨНБ полипласт СП ӨНБ [92] және полипласттың ПК S түрі [93].

- KG Chem Kazakhstan. Бүгінгі таңда ҚР-дағы жаңа буын поликарбонат қоспаларының негізгі өндірушісі. Зауыт Астана қаласында орналасқан. Зауытта барлық брендтер мен темірбетондарды, соның ішінде өздігінен нығыздалатын тауарлық бетон өндіруге арналған қоспалардың кең ассортименті бар. KG Chem Kazakhstan өз ассортиментінде нақты өздігінен нығыздалатын бетондарды өндіруге арналған қоспалар бар: серия (High performance Auto-filling) EZCON-HPA (1), EZCON-HPA (2), EZCON-HPA (3), EZCON-HPA (4) [94].

Әрі қарай зерттеу, композицияларды жобалау және зертханалық сынақтан өткізу кезеңіне өту үшін қоспалардың қайсысы ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетон қоспасы мен ҰТӨНБ құрамындағы қажетті физика-техникалық сипаттамаларға қол жеткізуге мүмкіндік беретінін анықтау қажет.

Мұндай тапсырманы орындау үшін, ең алдымен, жоғарыда сипатталған өндірушілердің қоспаларының техникалық сипаттамаларын талдап, қажетті параметрлерге сәйкес келетін параметрлерді таңдап, содан кейін олардың тиімділігін бағалау үшін сынақтар жүргізу қажет.

Әрі қарай зерттеу үшін 4 қоспа түрі қабылданады:

1 Sika ViscoCrete-5 FFC;

2 MasterGlenium 128;

3 Полипласт SP SBB, 2-ші түрі;

#### 4 EZCON-HPA (3).

Әрі қарай, сынаққа қабылданған қоспалардың техникалық сипаттамаларын көрсететін 16-кестеде берілген.

16 Кесте - Кешенді химиялық қоспалардың техникалық сипаттамалары

Атауы	pH	Тығыздығы 20 °С-та, кг/м <sup>3</sup>	Массадағы СІ-ионның құрамы, пайыздан жоғары емес	Ұсынылатын мөлшері, цемент массасының пайыздық өлшемімен
Sika ViscoCrete-5 FFC	4,0 – 6,0	1075 – 1105	Деректер жоқ	0,3 – 1,6
MasterGlenium 128	~6	1061 – 1101	<0,1	0,05–0,8
Полипласт СП ӨНБ, 2 типі	7 – 9	1190	≤0,1	0,7 – 1,0
EZCON-HPA(3)	2 – 8	1000 – 1100	Жоқ	0,8 – 1,2

Қоспалардың тиімділігін тексеру үшін МЕМСТ 30459 – 2008 «Бетондар мен ерітінділерге арналған қоспалар. Тиімділікті анықтау және бағалау» [95].

Сынақтар пластификациялау қабілетінің шамалары бойынша жүргізілді (МЕМСТ 24211 – 20088.1-тармағы.), сутектендіру (МЕМСТ 24211-20088.2-тармағы), тұрақтандыру әсері (МЕМСТ 24211 – 20088.3-тармағы.) және ұтқырлықтың сақталуын реттеу (МЕМСТ 24211 – 20088.4-тармағы.).

Қоспаның тиімділігін бағалау [95] сәйкес жасалған типтік құрамдарда жүргізіледі. Бетонның құрамы 7-тарауға сәйкес жасалған, МЕМСТ 24211-2008 және келесі сипаттамаларға ие:

- цемент ЦЕМ II/A – III 42,5 Н-350 кг / м<sup>3</sup>;
- құм,  $M_k = 2,4-850$  кг / м<sup>3</sup>;
- қиыршық тас, 5 – 10 мм және 10 – 20 мм – 950 кг/м<sup>3</sup> фракцияларының қоспасы.

Судың мөлшері белгілі бір қоспаның пластификациялық және суды реттейтін қасиеттеріне және сынақ параметрлеріне байланысты реттеледі.

Бірінші бағаланатын көрсеткіш-сынақтар үшін таңдалған күрделі химиялық қоспалардың пластификация қабілеті. Қоспалардың пластификациялау қабілетінің тиімділігі негізгі және бақылау құрамдары үшін С/Ц тең болған кезде түпкілікті конгломераттың (бетонның) жұмыс қабілеттілігін (біздің жағдайда, ұтқырлығын) және беріктігін арттыру

бойынша бағаланады. Пластификациялау қабілетін бағалау үшін бақылау құрамының қозғалғыштығы МЕМСТ 7473 – 2010 «Сәйкес П1 маркасына сәйкес келуі керек. Техникалық шарттар» [96] және 2-4 см аралығында болыңыз.

17-кестеде [97] сәйкес бақылау құрамы ұсынылған, оның негізінде қоспалардың тиімділігін бағалау жүргізілген.

17 Кесте - Қоспалардың тиімділігін бағалауға арналған бақылау құрамы

Компоненттің атауы	Компоненттің техникалық сипаттамалары	1 м <sup>3</sup> үшін, кг/м <sup>3</sup> шығыны	Қоспаның жұмысқа жарамдылығы, конустың жайылым, см
Байланыстырғыш	ЦЕМ II / А-III 42,5 Н	350	3 (П1)
Құм	M <sub>к</sub> = 2,4	850	
Қиыршық тас	5 – 20 мм фракциялар қоспасы	950	
Су	-	210	

Бақылау үлгілерін (17-кесте) және 18-кестеде көрсетілген сынақтарға арналған негізгі құрамдарды өлшеу және қалыптау жүргізілді, әрбір құрам үшін 6 дана мөлшерінде 150x150 мм жиек өлшемі бар текше үлгілері қалыпталды.

18 Кесте - Қоспалардың пластификациялық әсерінің тиімділігін бағалауға арналған негізгі құрамдар

Компоненттің/ құрамның атауы	Компонентер шығыны, кг/м <sup>3</sup>			
	№1 Құрам Sika ViscoCrete-5 FFC	№2 Құрам MasterGlenium 128	№3 Құрам Полипласт СП ӨНБ, тип 2	№4 Құрам EZCON- НРА(3)
Байланыстырғыш	350	350	350	350
Құм	850	850	850	850
Қиыршық тас	950	950	950	950
Су	210	210	210	210
Қоспа	2,8	2,8	2,8	2,8

Химиялық қоспалардың шығыны техникалық сипаттамалар мен ұсынылған шығындар негізінде байланыстырғыш компонент массасының 0,8 пайыз мөлшерінде орташа өлшенген мән ретінде қабылданады.

Үлгілерді сақтау қалыпты жағдайда  $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$  температурада және гидравликалық қақпасы бар ваннадағы ауаның салыстырмалы ылғалдылығы  $(95 \pm 5)$  пайыз температурада жүргізілді. Сығымдау кезінде беріктікті анықтауға арналған сынақтар үлгілердің 3 тәуліктік және 28 тәуліктік жасына жеткен кезде жүргізілді. Сынақ нәтижелері 19-кестеде келтірілген.

Жүргізілген сынақтардың нәтижелері бойынша (1) формула бойынша  $\Delta R$  беріктігінің өзгеруін есептеу жүргізілді, олар да 19-кестеде көрсетілген:

$$\Delta R = \left( \frac{R_t \text{ бақылау} - R_t \text{ негізгі}}{R_t \text{ бақылау}} \right) \times 100\% \quad (1)$$

мұндағы  $\Delta R$  – бетонның немесе ерітіндінің беріктігінің өзгеруі, %;

$R_t \text{ бақылау}$  – бақылау құрамындағы бетонның беріктігі, МПа;

$R_t \text{ негізгі}$  – негізгі құрамдағы бетонның беріктігі, МПа;

$t$  – қалыпты қатайтылған бетонның жасы (3 және 28 тәуліктен соң).

19 Кесте - 3 және 28 тәулік жасында зерттелетін құрамдарды сығу кезіндегі беріктік сипаттамаларын бағалау нәтижелері

Құрамы	Сығу беріктігі, МПа		$\Delta R$ , %	
	3 тәулік жасында	28 тәулік жасында	3 тәулік жасында	28 тәулік жасында
Бақылау құрамы	$R_{op} = 14,2$ МПа	$R_{op} = 33,6$ МПа	-	-
№1 Құрам Sika ViscoCrete-5 FFC	$R_{op} = 23,54$ МПа	$R_{op} = 38,70$ МПа	39,68	13,18
№2 Құрам MasterGlenium 128	$R_{op} = 31,15$ МПа	$R_{op} = 41,28$ МПа	54,41	18,60
№3 Құрам Полипласт СП ӨНБ, тип 2	$R_{op} = 20,37$ МПа	$R_{op} = 39,05$ МПа	30,29	13,96
№4 Құрам EZCON- HPA(3)	$R_{op} = 28,32$ МПа	$R_{op} = 43,16$ МПа	49,86	22,15

Жүргізілген сынақтардың нәтижелері бойынша қатаюдың ерте кезеңдерінде (3 күн) пластификациялау қабілетінің ең жоғары көрсеткіштерін MasterGlenium 128 қоспасы, ал жобалау жасында (28 күн) - EZCON-hPa(3) көрсетеді деген қорытынды жасауға болады. EZCON-hPa(3) қоспасына арналған 3 күндік көрсеткіштер зерттелетін қоспалар спектрінің екінші ең үлкен мәніне ие. Қатаюдың ерте кезеңдеріндегі қоспалардың пластификациялау қабілеті зерттелетін тақырып бойынша анықтаушы емес, бірақ маңызды. ҰТӨНБ тез қатаятын бетон ретінде есептелетіндіктен, оны 1-ден 3 күнге дейінгі аралықты қалыптан шешуге болатындықтан, бұл оның тиімділігінің экономикалық сипаттамаларына әсер етеді. Сондықтан қалыптан шешу кезінде беріктігі бетонның маркалық беріктігінің 70 % -ына жақын болуы керек.

Әрі қарай зерттелетін химиялық қоспалардың сутектену сипаттамаларын анықтауға сынақ жүргізілді. Қоспаларды сутектендірудің әсері бақылау құрамымен салыстырғанда қоспаны қолдану кезінде қоспаның су қажеттілігінің қаншалықты төмендейтінін сипаттайтын сынақ нәтижелері бойынша бағаланады (қоспаларды дайындаудың барлық басқа параметрлері мен шарттары бірдей болған жағдайда).

Суды төмендету қабілетін бағалау үшін бақылау және негізгі құрамдардың қозғалғыштығы МЕМСТ 7473 – 2010 сәйкес П1 маркасына сәйкес келуі керек «Бетон қоспалары. Техникалық шарттар» [96] және 2 – 4 см шегінде болуы сынақ-бұл илеу (құрамы бойынша, 17-кестеге сәйкес), 7.5.3-тармаққа сәйкес сынама алу [97] және олардың қозғалғыштығын бағалау.

$\Delta B$ , % су мөлшерінің азаюын есептеу (2) формула бойынша жүргізіледі:

$$\Delta B = \left( \frac{V_{\text{бақылау}} - V_{\text{негізгі}}}{V_{\text{бақылау}}} \right) \times 100\% \quad (2)$$

мұндағы  $\Delta B$  – құрамды сутектендіру көрсеткіші, %;

$V_{\text{бақылау}}$  – бақылау құрамының су шығыны, л/м<sup>3</sup>;

$V_{\text{негізгі}}$  – негізгі құрамның су шығыны, л/м<sup>3</sup>.

Зерттелетін құрамдар мен ұтқырлықты анықтауға арналған сынақтардың нәтижелері 20-кестеде көрсетілген.

20 Кесте - зерттелетін құрамдардың сутектену тиімділігі мен қозғалғыштығын бағалауға арналған құрамдар

Компоненттің атауы/ құрамы	Компоненттердің шығыны, кг / м <sup>3</sup>				
	Бақылау құрамы	№1 Құрам Sika ViscoCret e-5 FFC	№2 Құрам MasterGlenium 128	№3 Құрам Полипласт СП ӨНБ, тип 2	№4 құрам EZCON-HPA(3)



Байланысты рғыш	350	350	350	350	350
Құм	850	850	850	850	850
Қиыршық тас	950	950	950	950	950
Су	210	181	173	195	167
Қоспа	0	2,8	2,8	2,8	2,8
ШК, см	3	4	3,5	3,5	4
$\Delta B$ , %	-	13,81	17,62	7,14	20,48

Қоспаларды сутектендіруді бағалау нәтижелері бойынша ең жоғары нәтиже EZCON-HPA(3) қосымшасы көрсетіледі. ҰТӨНБ-да қолданылатын химиялық қоспаны сутектендіру көрсеткіші маңызды техникалық мәнге ие. ӨНБ және ҰТӨНБ құрамдары конусты тарату бойынша қажетті сипаттамаларға қол жеткізу үшін суды көп тұтынумен сипатталады. Осы себепті, С/Ц соңғы конгломераттың беріктік сипаттамаларын төмендетпеуге мүмкіндік беретін шектерде қалып, жұмыс қабілеттілігі бойынша қажетті сипаттамаларға қол жеткізуге мүмкіндік беретін максималды суды төмендететін әсері бар қоспаны қолдану қажет.

Келесіде қоспалардың тұрақтандырушы әсерін бағалау үшін сынақ жүргізілді. Тұрақтандырушы қоспалардың тиімділігі бақылаумен салыстырғанда негізгі құрамдар қоспаларының ерітінді бөлінуін және су бөлінуін төмендету бойынша бағаланады. Бақылау және негізгі құрамдар [96] сәйкес (20 см-ден астам) жұмыс қабілеттілігі бойынша маркаға сәйкес келуі керек.

Негізгі және бақылау құрамдарының қоспалары өндірілді.

Тұрақтандырушы әсерді бағалау үшін бетон қоспасының ерітінді бөлінуін және су бөлінуін бағалау қажет.

Зерттелетін қоспалардың ерігіштігін анықтау сынағы МЕМСТ 10181 – 2014 «Бетон қоспалары және сынақ әдістері» [97] сәйкес жүргізілді. Қоспаның ерітінді бөлінуі оның дірілдеу кезіндегі қатпарланумен сипатталады және өлшеуіш ыдыста немесе пішінде нығыздалған бетон қоспасының төменгі және жоғарғы бөліктеріндегі ерітінді компонентінің құрамын салыстыру арқылы анықталады. Әр құрамның бетон қоспасы қабырға өлшемі 150x150 мм болатын текше пішініне салынып, МЕМСТ 10180 – 2012 «Бетондар. Бақылау үлгілері бойынша беріктікті анықтау әдістері» [98]. Нығыздалған бетон қоспасы зертханалық діріл алаңында 10 секунд ішінде қосымша дірілдейді (Қ5 үшін), содан кейін қоспаның жоғарғы бөлігін таңдау, дірілден кейін қоспаның төменгі және жоғарғы бөлігінің биіктігін анықтау жүргізіледі. Қоспаның жуылған бөліктері бөлек жуылады және 5 мм електен өткізіледі (дымқыл себу әдісімен). 5 мм-ден асатын бөлшектер таңдалады, кептіріледі және қоспаның әр бөлігіндегі 5 мм-ден асатын бөлшектердің (ірі толықтырғыштың) санын анықтау үшін өлшенеді. Әрі қарай (3) формула бойынша зерттелетін қоспалардың  $K_c$ , пайыз ерітінді бөлінуін анықтау үшін есептеу жүргізіледі.

$$P_p = \left( \frac{m_{e.ж.} - m_{e.т.}}{m_{e.ж.} + m_{e.т.}} \right) \times 100\% \quad (3)$$

мұндағы  $P_e$  -бетон қоспасын еріту, %;

$m_{e.ж.}$  және  $m_{e.т.}$  - өлшеуіш ыдыстың (нысанның) жоғарғы және төменгі бөліктерінде орналасқан қоспаның ерітінді құрамдас бөлігінің массасы, г.

Бетон қоспаларының қатпарлану нормативтік құжаттың [96, 47 бет] көрсеткішіне сәйкес келуі және 4 % - дан аспауы тиіс.

Сынақ нәтижелері және сыналатын құрамдар компоненттерінің шығыны 21-кестеде келтірілген.

21 Кесте - Компоненттердің шығыны, негізгі және бақылау құрамдарының қозғалғыштығы (ШК)

Компоненттің/ құрамның атауы	Компоненттердің шығыны, кг / м <sup>3</sup>				
	Бақылау құрамы	№1 Құрам Sika ViscoCret e-5 FFC	№2 Құрам MasterGle nium 128	№3 Құрам Полипласт т СП ӨНБ, тип 2	№4 құрам EZCON- HPA(3)
Байланыстырғыш	350	350	350	350	350
Құм	850	850	850	850	850
Қиыршық тас	950	950	950	950	950
Су	263	208	198	232	187
Қоспа	0	2,8	2,8	2,8	2,8
ШК, см	21,5	21	21,5	22	22
Қабықтану, %	1,6	3,3	2,7	4,2	2,5

Жүргізілген сынақтардың нәтижелеріне сәйкес, қоспа полипласт ҚНжәнеЕ, 2 тип нормативтен асатын мәнді көрсетті. Бұл тұрақтандыру қабілетінің төмендігін көрсетеді, бұл ҰТӨНБ - дан құйылған құрылымның биіктігі бойынша беріктік сипаттамаларының бөлінуіне және шашырауына әкелуі мүмкін, бұл қолайсыз. Негізгі құрамдардың сегрегациясының ең аз пайызы № 4 құрамды көрсетеді (EZCON-HPA(3).қоспасымен).

Қоспалардың тұрақтандыру қабілетін бағалаудың келесі параметрі су бөлу көрсеткіші болып табылады. Бетон қоспасының су бөлінуі статикалық күйде тұндыру процесінде бетон қоспасының құрамында бөлінетін судың мөлшерімен сипатталады.

Негізгі және бақылау құрамдарының бетон қоспасының дәйекті іріктелген үлгілері көлемі 2 литр болатын өлшеуіш ыдысқа салынады. Қоспа

ыдыстың жоғарғы деңгейінен 5-15 мм төмен қойылады және 10 секунд ішінде діріл алаңында нығыздалады. Ыдыс өткізбейтін материалмен жабылған, біздің жағдайда плексигласс және 2 сағат бойы жалғыз қалады. Әр 15 минут сайын бетон қоспасының бетінде пайда болған су тамшуырман алынды. Таңдалған су булануды болдырмау үшін бөлек құрғақ және алдын-ала өлшенген контейнерге құйылады, сонымен қатар плексигласпен жабылған. Іріктеу аяқталғаннан кейін ыдыстағы су өлшенеді және (4) формула бойынша әрбір сыналатын қоспа үшін  $K_c$ , пайыз су бөлу есебі жүргізіледі:

$$P_e = \frac{m_B}{\rho_B \times V_{б.с.}} \times 100\% \quad (4)$$

мұндағы  $P_e$  – бетон қоспасын су бөлу, %;

$m_B$  – бөлінген судың массасы, г;

$\rho_B$  – судың тығыздығы 1 г/см<sup>3</sup>;

$V_{б.с.}$  – нығыздалған бетон қоспасының көлемі, см<sup>3</sup>.

Бетон қоспаларын су бөлу нормативтік құжаттың [96] көрсеткішіне сәйкес келуі және 0,8 % дан аспауы тиіс.

Жүргізілген сынақтардың нәтижелері 22 - кестеде көрсетілген.

22 Кесте - Компоненттердің шығыны, негізгі және бақылау құрамдарының қозғалғыштығы (ШК) және су бөлу көрсеткіші

Компоненттердің атауы/ құрамы	Компоненттердің шығыны, кг/м <sup>3</sup>				
	Бақылау құрамы	№1 Құрам Sika ViscoCret e-5 FFC	№2 Құрам MasterGle nium 128	№3 Құрам Полипласт т СП ӨНБ, тип 2	№4 құрам EZCON- HPA(3)
Байланыстырғыш	350	350	350	350	350
Құм	850	850	850	850	850
Қиыршық тас	950	950	950	950	950
Су	263	208	198	232	187
Қоспа	0	2,8	2,8	2,8	2,8
ШК, см	21,5	21	21,5	22	22
Су бөлінуі, %	0	1,3	0,7	2,1	0,6

ҰТӨНБ қоспасының су бөлуінің жоғарылауы келесі негізгі жағымсыз салдарға әкелуі мүмкін:

- судың ерітінді бөлігінен бөлінуі, оның бақыланбайтын булануы нәтижесінде жарықтар пайда болуы;

- бөлінген су химиялық реакцияларға қатыспайды. Бетон құрамындағы су мөлшері цемент түйірін толық ылғалдандыру және белсенді химиялық

қоспалармен реакция үшін жеткіліксіз болуы мүмкін, нәтижесінде беріктік сипаттамалары төмендейді;

- құрылымда чиптер мен қабықтардың пайда болуы, құрылымға күй кезінде ерітіндімен байланысты емес бөлінген су қалыптан ағып кетеді немесе оның шеттерінде жиналады. Бұл судың булануы құрылымның бетінде ақаулардың пайда болуына әкеледі.

Жүргізілген сынақтың нәтижелері бойынша № 2 және № 4 құрамдардың су бөлу бойынша ең төмен көрсеткіштері бар деген қорытынды жасауға болады, бұл ҰТӨНБ-қа қатысты қоспалардың жақсы су ұстау қабілеті туралы айтады, бұл маңызды техникалық мәнге ие.

Кешенді химиялық қоспалардың сынақтарын талдау нәтижелері бойынша EZCON-HPA(3) қоспасында оны қолдана отырып, ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетонның құрамын сәтті жобалау үшін қажетті физикалық-техникалық көрсеткіштер бар деген қорытынды жасауға болады.

Сондай-ақ, EZCON-HPA(3) қоспасы Қазақстан Республикасының аумағында, «KG Chem Kazakhstan» зауытында өндірілетініне назар аударған жөн, бұл ретте толығымен жергілікті шикізат компоненті болып табылады.

«KG Chem Kazakhstan» компаниясы Оңтүстік Кореяда әзірленген барлық жаңа технологияларды алады. «KG Chem Kazakhstan» зауыты - қуаты айына 2000 тоннадан асатын (жылына 24000 тонна) бетонға арналған қоспалар шығаратын Қазақстандағы ең ірі 100 пайыз автоматтандырылған зауыт. Зауыт құрылған сәттен бастап құрылысқа арналған химиялық өнімдердің 1000-нан астам түрі мен атаулары өндірілді.

KG өнімдерінің артықшылықтары:

- цемент шығынын азайту және сонымен бірге беріктігін арттыру мүмкіндігі;

- Тапсырыс берушінің қажеттіліктеріне, тілектері мен мүмкіндіктеріне қарай бетонға арналған қоспаны әзірлеу және жеке таңдау;

- Қазақстанда өздігінен нығыздалатын және тез қататын бетонның жаппай өндірісін әзірлеу және енгізу;

- кәсіби техникалық қолдау. Химиялық саладағы 60 жылдық тәжірибесінің арқасында тәжірибелі инженерлер қоспаларды қолдану кезінде кеңес береді.

Зауыт қосымша зерттеулер жүргізді және өздігінен нығыздалған және құйылған бетондарда қолданылатын бірқатар қоспалар жасады. Серия 23-кестеде көрсетілген.

23 Кесте - Өздігінен нығыздалатын және құйылған бетондарға арналған «KG Chem Kazakhstan» қоспалар сериясы

Типі	Атауы	Негізі	Қолданылуы	Тығыздығы	Ұсынылатын тұтыну
Стандартты	EZCON-HPA(1)	PCE	Тауарлық және	1,030±0,05	0,3-3 пайыз

		кұйылған бетондар		
Стандартты	EZCON- HPA(2)	Тауарлық және кұйылған бетондар	1,040±0,05	0,3-3 пайыз
Премиум	EZCON- HPA(3)	ӨНБ	1,050±0,05	0,3-3 пайыз
Премиум	EZCON- HPA(4)	ӨНБ	1,060±0,05	0,3-3 пайыз

Өздігінен нығыздалатын бетондардың құрамын жобалау кезінде минералды қоспа ретінде негізінен Домна қождары, біріктірілген ЖЭС күлі, микрокремнезем және өндірістің басқа да қалдықтары қолданылады [99]. Сондай-ақ, өсімдік қалдықтарын, атап айтқанда күріш қабығын сәтті қолдануды дәлелдейтін зерттеулер бар [100]. Алайда, біріктірілген ЖЭС-ның домендік шлактары мен күлдері қазірдің өзінде жоғары су-цемент қатынасын едәуір арттыра алады, сонымен қатар олардың химиялық белсенділігі микрокремнеземді қолданғаннан гөрі аз көрінеді. Микрокремнеземнің цемент тасының микропоралы нығыздалған құрылымын қалыптастыруға әсері егжей-тегжейлі зерттелген, атап айтқанда Р.Фельдманның [101-102] жоғарыда айтылғандарға байланысты микрокремнезем зерттелетін құрамдардың ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетонына минералды қоспа ретінде қабылданды.

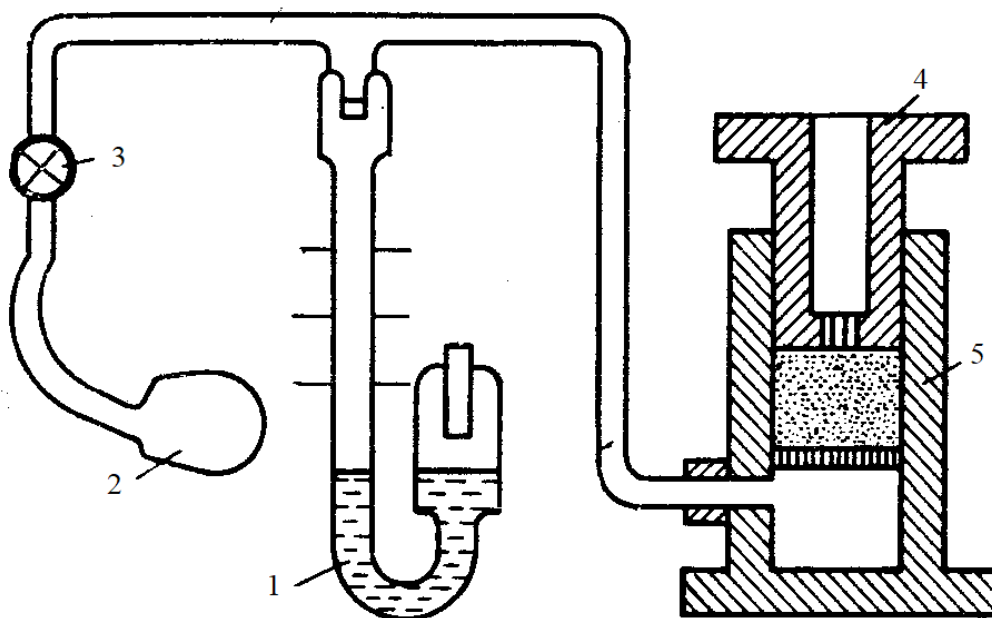
Микрокремнезем -балқытылған металлургиялық пештердің газ тазарту жүйелерінің сүзгілерімен ұсталатын конденсацияланған аэрозоль. Микрокремнезем құрамында диаметрі 0,1 мкм және меншікті беті 15-25 м<sup>2</sup>/г және одан жоғары сфералық бөлшектер бар. Үйінді нығыздығы 150-ден 250 кг/м<sup>3</sup> аралығында болады. Химиялық құрамы бойынша микрокремнезем негізінен кристалды емес кремний диоксиді болып табылады, оның құрамы әдетте 85-тен асады және 98 пайызға жетеді. Микрокремнезем бетонға қоспа ретінде алғаш рет 50-ші жылдардың басында ұсынылды және өткен ғасырдың 70-ші жылдарының басынан бастап Норвегияда, содан кейін басқа елдерде жаппай қолданыла бастады. Норвегиялық нормаларға сәйкес микрокремнеземдегі кремний диоксиді мөлшері 85 пайыздан кем болмауы керек, ал бетонға қоспаның мөлшері цемент массасының 10 пайыздан аспауы керек. Бетондардағы микро кремний диоксиді мөлшері 20-50 кг/м<sup>3</sup> мөлшерінде ұсынылады. Микрокремнезем бөлшектердің өте жоғары дисперсиясы мен аморфты құрылымына байланысты бетон қоспаларының су қажеттілігінің едәуір артуына әкеледі, сондықтан ол суперпластификаторлармен, көбінесе поликарбоксилат негізінде қолданылады. Жақында микрокремнезем көп функционалды кешенді қоспалардың бөлігі ретінде кеңінен қолданыла бастады. Қазақстан Республикасы мен Ресей Федерациясында микрокремнеземді өнеркәсіптік

шығару үшін кең база бар. Қазіргі уақытта микро кремний диоксиді үш босату форматында шығарылуы, тасымалдануы және қолданылуы мүмкін: нығыздалмаған түрде (нығыздығы 0,15-0,25 т/м<sup>3</sup> шаңды ұстағаннан кейін), нығыздалған түрде (консервіленген ұнтақта немесе брикеттерде) және концентрацияланған суспензия (паста) түрінде.

Қазақстан Республикасының аумағында микрокремнеземді (жаппай өндіріс үшін жеткілікті мөлшерде) екі негізгі өнім беруші ұсынады – Қарағанды қ. және Павлодар қ. өндірістері.

Микрокремнезем сияқты компоненттің ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетон қоспасының құрамына енгізу үшін оның физикалық-техникалық сипаттамаларын, атап айтқанда нақты бетін қарастыру қажет.

Микрокремнеземнің меншікті бетін анықтау газды сүзу әдісімен ПСХ-2 аспабында анықталды. Ұнтақ материалдарының меншікті бетін анықтау бойынша аспапта сынау жолымен жүргізілді. Төменде құрылғының диаграммасы берілген (2-сурет).



1 – манометр; 2 – груша; 3 – кран; 4 – плунжер; 5 – кювета

2 Сурет - ПСХ-2 құралы [103]

Құрылғының жұмыс принципі ауа ағынының материал бағанасы арқылы өту жылдамдығын өлшеуге негізделген. Есептеулердің нәтижелері бойынша зерттеуші соңғы индикаторды алады – меншікті бет. «Тau-Кen Темір» ЖШС өндірген микрокремнеземнің меншікті беті 3980 см<sup>2</sup>/г, Павлодар қ. микрокремнезем - 4800 см<sup>2</sup>/г тең.

Талдау нәтижелері бойынша минералды су ұстайтын қоспа ретінде Қарағанды қаласы, «Тау-Кен Темір» ЖШС өндірген микрокремнезем қабылданды. Таңдау бірнеше факторларға байланысты:

- «Тау-Кен Темір» ЖШС компаниясы зерттелетін өнімді жеткілікті көлемде өндіреді, бұл оның қолжетімділігін анықтайды. "Тау-Кен Темір" ЖШС жылдық шығарылатын өнім көлемі 23 000 тонна техникалық кремний өндірушісі болып табылады;

- 1 тонна микрокремнеземнің құнымен көрсетілген экономикалық компонент. Қарағанды қаласының өндірісінің микрокремнеземінің құны 16000-нан 20000 тг/тоннаға дейін өзгереді. Павлодар қаласында өндірілген микрокремнеземнің құны 27000-35000 тг/тонна.

- Минералды қоспаның физика-техникалық сипаттамалары: атап айтқанда, материалдың дисперсиясы үлкен рөл атқарады. «Тау-Кен Темір» микрокремнеземінің меншікті беті (3980 см<sup>2</sup>/г) Павлодар қаласынан жеткізушінің ұқсас тауарымен салыстырғанда (4800 см<sup>2</sup>/г) аз. Кішігірім меншікті беті бетонның соңғы физикалық-техникалық сипаттамаларына айтарлықтай әсер етпейді, бетонның қажетті класын (В30) ескере отырып, материалды үлкен меншікті бетінен пайдалану су-цемент қатынасының жоғарылауына әкеледі. Микрокремнеземді жұқа ұнтақтау кезінде материалды жеткізуші көліктен сүрлемге, сүрлемнен қор бункеріне айдау кезінде проблемалар туындайды. Ұсақ бөлшектерді сақтау ауадан және қоршаған ортадан ылғалдың сіңуіне жол бермеу үшін шаралар қабылдау қажеттілігіне әкеледі. Сондықтан, егер материалдың дисперсиясы түпкілікті конгломераттың беріктік сипаттамаларына және басқа да физикалық-техникалық көрсеткіштеріне айтарлықтай әсер етпесе, «Тау-Кен Темір» ЖШС микрокремнеземі пайдалануға қабылданады.

24 - кестеде келтірілген химиялық талдау нәтижелері бойынша микрокремнезем құрамындағы оксидтердің мөлшері қойылған міндеттерде нәтиже алу үшін жеткілікті және тиімді екендігі анықталды. Микрокремнезем химиялық құрамы кестеде көрсетілген.

24 Кесте - Микрокремнеземді химиялық талдау нәтижелері

Атауы	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	C	S
Құрамы, пайыз	93,62	0,68	0,69	0,82	1,00	0,51	1,44	0,98	0,26

Жоғарыда сипатталған сынақтардың нәтижелері негізінде құраммен одан әрі жұмыс істеу үшін келесі шикізат материалдары қабылданды:

- байланыстырғыш (цемент)-ЦЕМ II/A-III 42,5 Н, HeidelbergCement («Бұқтырма цемент компаниясы» ЖШС);

- құм – «Марк» карьері, 2,49 ірі модуль;

- қоспа поликарбонат эфирлеріне негізделген EZCON-HPA(3);

- су, МЕМСТ 23732-2011 нормативтік құжатына сәйкес (EN 1008:2002, NEQ) (EN 206-1:2000, NEQ) «Бетондар мен ерітінділерге арналған су. Техникалық шарттар»[104];

- микрокремнезем түріндегі минералды қоспа (3980 см<sup>2</sup>/г).

## **2 Тарау бойынша қорытындылар**

2-тарауда ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетондарды зерттеу және қолдану тұрғысынан зерттеулер талқыланды. Зерттеу нәтижелері бойынша ҰТӨНБ зерттеулері шетелде жүргізіліп жатыр деген қорытынды жасауға болады, бірақ материал әлі кең таралмаған. Қазақстан Республикасында ҰТӨНБ зерттеулері жоқ, ол құрылыс индустриясында да қолданылмайды, сондай-ақ стандартты өздігінен нығыздалатын бетон да қолданылмайды, оны қолдану ғылыми зерттеулердің нәтижелерін өндірістік тексеру шеңберінде ғана жүргізілді.

Кейіннен ҰТӨНБ құрамын жобалау үшін қабылданатын шикізат материалдарын анықтау үшін Қазақстан Республикасының шикізат базасын егжей-тегжейлі зерделеу жүргізілді. Қолданылатын нормативтік құжаттамаға сәйкес шикізат материалдарының физикалық-техникалық сипаттамаларын анықтауға зертханалық сынақтар жүргізілді. Құраммен одан әрі жұмыс істеу үшін келесі шикізат материалдары қабылданды:

- байланыстырғыш (цемент)-ЦЕМ II/A-III 42,5 Н, «HeidelbergCement» («Бұқтырма цемент компаниясы» ЖШС);

- құм – «Марк» карьері, 2,49 ірілік модуль;

- қоспа EZCON-HPA(3) поликарбонат эфирлеріне негізделген;

- су, МЕМСТ 23732-2011 нормативтік құжатына сәйкес (EN 1008:2002, NEQ) (EN 206-1:2000, NEQ) «Бетондар мен ерітінділерге арналған су. Техникалық шарттар» [105];

- микрокремнезем түріндегі минералды қоспа (3980 см<sup>2</sup>/г).



## **3 ТАРАУ. ЗЕРТТЕУДІҢ ТЕОРИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ӘДІСНАМАЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ**

### **3.1 ҰТӨНБ зерттеудің теориялық негіздері**

Қарастырылып отырған тақырыпты теориялық зерттеудің негізі ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетондарды әзірлеу бойынша қолда бар жетістіктерге әдеби шолу болды.

Қойылған міндеттерді ойдағыдай шешу үшін:

- ҰТӨНБ құрамын таңдау кезінде теориялық тұрғыдан туындауы мүмкін проблемаларды қарастыру және оларды азайту. Ізденістердің толық нәтижелері 2.3-тараудың 2.3 - тармағында келтірілген. Нәтижелер құрамды таңдау кезінде ескеріледі.

- ӨНБ және ҰТӨНБ құрамдарын таңдау әдістеріне теориялық талдау жасау. Ізденістердің толық нәтижелері 2.4-тармақта, 2-тарауда келтірілген.

### **3.2 Зертханалық және өндірістік зерттеулер әдістемесі**

M400 маркалы B30 класты ұсақ түйіршікті класының бетон қоспасын алу үшін келесі кезеңдерден тұратын зерттеу жүргізу әдістемесі жасалды:

- зерттелетін бағыт бойынша қолда бар тәжірибені жинақтау, сондай-ақ диссертациялық жұмысты орындау шеңберінде жүргізілген сынақтар мен зерттеулерді талдау арқылы ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетонның құрамын таңдау кезінде проблемалар мен міндеттерді анықтау;

– МЕМСТ 30515-2013 «Цементтер. Жалпы техникалық шарттар», МЕМСТ 25192-2012 «Бетондар. Жіктеу. Жалпы техникалық талаптар», МЕМСТ 30744-2001 «Цементтер. Полифракциялық құмды пайдалана отырып сынау әдістері», МЕМСТ 8736-2014 «Құрылыс жұмыстарына арналған құм. Техникалық шарттар», МЕМСТ 24211 – 2008 «Бетондар мен ерітінділерге арналған қоспалар. Жалпы техникалық шарттар»;

- әдістерді қолдана отырып, ұсақ түйіршікті бетон қоспасының қажетті физикалық-техникалық сипаттамаларын анықтау үшін зертханалық сынақтар жүргізу және деректерді талдау өздігінен нығыздалатын бетонға арналған еуропалық Нұсқаулық (EFNARC: Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete. Farnham, February 2002);

- құрамды таңдау әдістерін талдау;

- қоспаны бөлу мәселелерін шешу әдістері мен әдістерін талдау;

- B30 класты M400 маркалы ҰТӨНБ құрамын теориялық іріктеу;

- зертханалық және өндірістік апробация.

Жұмыс белгіленген әдіснамаға сәйкес жүргізілді.

Өндірістік апробация «Темірбетон-1» ЖШС базасындағы өндірістік алаңда жүргізілді. Қоспа мен бетонның қажетті физикалық-техникалық сипаттамаларына қол жеткізу мақсатында сынақ қоспалары мен құрамын түзету жүргізілді. Өндірістік апробация кезінде қоспаның келесі сипаттамалары анықталды:

- Қоспаның тығыздылығы, кг / м<sup>3</sup>;

- Конустың жайылымлығы, қараңыз;
- Бөлу, %;
- V-шұңқырдан шығу уақыты, сек

Қалыпталған бұйымдар әртүрлі жағдайларда қатаюдан өтті:

- № 1 бұйым шұңқыр түріндегі бу камерасына орналастырылған. Ашық ауада 2 сағат ұстағаннан кейін өнім  $85 \pm 5$  градус Цельсий температурасында (8 сағат бойы изотермиялық ұстау) жылу-ылғалдылық өңдеуден өтті;
- № 2 өнім табиғи жағдайда қатты болды.

Сондай-ақ, 16 сынама алынды-100x100 мм текше үлгілерді сақтау шарттары әртүрлі болды. 6 үлгі табиғи жағдайда сақтауға қалдырылды, 4 үлгі №1 бұйыммен бірге жылу-ылғалдылық қатаю камерасына орналастырылды, 6 үлгі қалыпты жағдайда гидравликалық қақпасы бар ваннада сақталды.

Қолданылатын нормативтік құжаттамаға сәйкес қалыпты жағдайда қатайған бұйымдар мен қалыпталған үлгілер-текшелерді сығу кезінде беріктігін анықтау жүргізілді. Диссертацияның 3-тарауының 3.4.3-тармағында өндірістік тексерудің егжей-тегжейлі әдістемесі мен нәтижелері қаралды.

### **3.3 Ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетонның құрамын таңдау кезінде проблемалар мен міндеттерді анықтау**

Өздігінен нығыздалатын бетон - бұл өз салмағымен нығыздалуға қабілетті бетон қоспасынан жасалған бетон [106]. Сондай - ақ, осы нормативтік құжатқа сәйкес, ұсақ түйіршікті бетон-нығыз ұсақ ірі толықтырғышы бар цемент байланыстырғыш бетон. Демек, ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетон-бұл өз салмағының әсерінен нығыздалуға қабілетті бетон қоспасы, оның құрамында үлкен толтырғыш (көбінесе қиыршық тас) жоқ, ал құм толтырғыш пен толтырғыштың рөлін атқарады.

Ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетондар үлкен толтырғыштардағы өздігінен нығыздалатын бетондармен салыстырғанда бірқатар артықшылықтарға ие. Негізгі артықшылықтарға мыналар жатады:

- ұсақ түйіршікті бетондар физикалық-техникалық сипаттамалары бойынша ұқсас қиыршық тас тапшылығы бар немесе логистика мен жеткізу тұрғысынан қиындықтары бар өңірлерде өзекті болып табылады;
- ұсақ түйіршікті бетондарда толтырғыштың цемент таспен құрылымы мен адгезиясының біркелкілігінің үлкен көрсеткіштері бар;
- үлкен біртектілік себебінен ұсақ түйіршікті бетондардың (өзге де тең жағдайларда) аязға төзімділігі жоғары болады, бұл Қазақстан Республикасының күрт-континенттік климатын есепке алу кезінде қажетті көрсеткіш болып табылады.

Сондай-ақ, 60 МПа-ға тең сығу беріктігіне қол жеткізуді ескере отырып, ірі толтырғыштың орнына құм толтырғышты сәтті қолдану мүмкіндігін дәлелдейтін зерттеулер бар [107].

Жоғарыда аталған технологиялық артықшылықтарға қарамастан, ұсақ түйіршікті бетон қоспасын жобалау кезінде бірқатар мәселелер туындауы мүмкін.

ҰТӨНБ-ның сапалы конгломератын алу үшін су-цементтің жоғары қатынасы мен қоспаның қозғалғыштығы кезінде, байланыстырғыш заттың жоғары құрамымен қатар, шөгу деформацияларына аз әсер ететін берік бетон алуға қол жеткізу қажет [105, 58 бет]. Жобалық беріктіктің үлкен ірі толықтырғышы болмаған жағдайда, оған қол жеткізу оңай емес, сонымен қатар бетон қоспасының бөліну ықтималдығы жоғары, бұл өздігінен нығыздалатын бетондармен жұмыс істеу кезінде ең ықтимал және жиі кездесетін мәселе.

Ғылыми қауымдастық өздігінен нығыздалған бетондарды бөлу мәселесіне көп көңіл бөледі. Жүргізілген зерттеулерге сәйкес, сегрегация тек зертханалық апробация сатысында ғана емес, сонымен қатар тікелей құрылыс құрылымына құйылған кезде де зерттеледі. Мысалы, сегрегацияны бұзбайтын әдіспен анықтауға бағытталған зерттеулер бар, атап айтқанда электродтарды қолдану, бұл электр кедергісін өлшеу арқылы қоспаның сегрегациясын бағалауға мүмкіндік берді [108]. Өздігінен нығыздалатын бетондарды бөлу мәселелерін ғылыми қауымдастық өкілдері бірнеше рет зерттеп, сипаттаған [109-110].

Мұндай қоспаларды жобалаудың зерттелген тәжірибесіне сүйене отырып, осы мәселелерді шешу үшін сізге қажет:

- уақыт өте келе қоспаның қозғалғыштығын арттырып, сақтап қана қоймай, сонымен қатар суды сақтайтын қасиеттері бар кешенді химиялық қоспаны қолдану;

- шөгу деформацияларының пайда болуын болдырмау және сегрегацияны болдырмау үшін минералды қоспаны қолдану қажет, ол қосымша суды ұстап тұру әсерін тудырады және байланыстырғыш затпен әрекеттескенде шөгу жарықтарының пайда болуына жол бермейтін күшті кристалдық байланыстар түзеді;

- ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетонның құрамын дұрыс жобалау үшін сапалы конгломерат пен қажетті физикалық-техникалық сипаттамаларды алу үшін шикізат компоненттерін егжей-тегжейлі зерделеу қажет.

### **3.4 Құрамды таңдау әдістерін талдау**

Өздігінен нығыздалатын бетонның құрамын таңдаудың қолданыстағы әдістері талданды, олар, атап айтқанда, қиыршық тас түрінде толтырғышты қосумен бетондарды жобалау тәжірибесін көрсетеді. Алайда, талдау негізінде қажетті ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетон таңдалды. Өздігінен нығыздалған бетонның құрамын таңдаудың негізгі әдісі-Окамура әдісі. Бұл салыстырмалы түрде қарапайым әдісті профессор Хитоши Окамура (Окамура) және Джордж Озава (Озава), Токио университеті 20 ғасырдың 90-жылдарында жасаған [111].

Әдіс ӨНБ жобалау мақсатында жасалған:

- ұсақ фракцияның жоғары мазмұнымен;

- төмен ылғалдандыру жылуы және жоғары белит ( $C_2S$ ) портландцементін қолдану;

- ауа мөлшері 4-7 пайыз.

Осы әдіске сәйкес композицияны таңдау келесідей жүзеге асырылады:

- үлкен толтырғыштың мөлшерін таңдау. Ірі ірі толықтырғыштың құрамы ірі толықтырғыштың салмағының 50 пайыз мөлшерінде көлемді нығыздықта белгіленген.

*Егер нығыздығы құрғақ, нығыздалған күйде болса,  $1600 \text{ кг/м}^3$ . Ірі толықтырғыштың құрамы:  $1600 \times 0,5 = 800 \text{ кг}$ .*

*Бұл ретте ірі толықтырғыш ретінде  $> 4,75 \text{ мм}$  ірі түйіршікті ірі толықтырғыш қолданылады.*

- ұсақ толықтырғыштың құрамын есептеу. Ұсақ толықтырғыштың құрамы жалпы ерітінді компонентінің 40% мөлшерінде белгіленеді.

*Ұсақ толықтырғыш ретінде  $4,75$  және  $0,09 \text{ мм}$  арасындағы түйіршіктердің мөлшері бар материал қабылданады.*

*Ірі ірі толықтырғыштың көлемі:  $800 \text{ кг} \div 2680 \text{ кг/м}^3 = 0,2985 \text{ м}^3$ .*

*Ұсақ толықтырғыштың көлемі  $0,6515 \times 0,40 = 0,2606 \text{ м}^3$ .*

*Ұсақ толықтырғыштың мөлшері  $0,2606 \times 2640 \text{ кг/м}^3 = 688 \text{ кг}$ .*

- судың ұсақ дисперсті компонентке (ҰДК) қатынасын анықтау.

Қатынасты эксперименттік жолмен алу керек. Әр түрлі су/ҰДК қатынасы бар цемент қамырының конусының жайылымлығы тексеріледі. Конустың жайылымлығы мен су/ҰДК қатынасының тәуелділігі «Салыстырмалы» жайылымлық ауданы деп аталатын «соңғы» жайылымлық ауданының «бастапқы» ауданға қатынасы арқылы көрінеді.

Судың ҰДК-қа бастапқы қатынасы 0,85-ке тең және суперпластификатордың дозалары әртүрлі конустың жайылымлығын анықтауға арналған бірқатар сынақтар жүргізілуде. Міндет-мұндай су қоспасын, ҰДК, суперпластификаторды алу, ол сынақ кезінде 245 мм конустың жайылымлығын, шұңқыр арқылы 9-11 секунд аяқталу уақытын көрсетеді, содан кейін қоспаның құрамдас бөліктерін толық есептеу және оны сәтті таңдауды дәлелдеу үшін алынған құрамды зертханалық сынақтан өткізу. Өздігінен нығыздалатын бетон құрамдарын таңдаудың тағы бір әдісі - СВИ әдісі. Бұл әдісті Биллберг пен Петерссен (Швед Цемент және бетон ғылыми-зерттеу институты, СВИ) 1996-1999 жылдары жасаған. Әдіс бетонды екі фазадан тұратын зат ретінде қарастырады:

- толтырғыштан тұратын қатты фаза;

- жұқа фракциядан, Судан және химиялық қоспалардан тұратын сұйық (цемент қамыры).

Цемент қамыры қатты ірі толықтырғыш матрицасындағы бос жерлерді толтырады және толтырғыштың әр бөлігінің айналасында майлау қабатын қамтамасыз етеді.

Әдіс екі негізгі кезеңді қамтиды:

- бірінші кезең - кедергілер арқылы өтуді қамтамасыз ететін толықтырғыштың максималды мөлшерін таңдау (құлыптау критерийі);

- екінші кезең - қатайтылған бетонның адекватты қасиеттерін қамтамасыз ету және пластикалық жағдайда бетонның жеткілікті өтімділігін қамтамасыз ету үшін қажетті цемент қамырының құрамын таңдау.

СВІ әдісіне сәйкес композицияны таңдаудағы міндетті шарттар-бұғаттау критерийіне талдау жүргізу. Блоктау талдауы толтырғыштың жалпы астық құрамын, сондай-ақ бетон блоктардан өтуі керек ең аз саңылауды ескереді.

Талдаудың негізі келесі тезистер болып табылады:

- ірі толықтырғыш дәнінің кез-келген мөлшері үшін «ірі толықтырғыш-цемент қамыры» қоспасында белгілі бір көлемдік үлес бар, бұл саңылау арқылы өтетін қоспаның бітелуіне себеп болады.

- бұл көлемдік үлес (көлемдік блоктау коэффициенті) Саңылау мөлшерінің ірі толықтырғыш бөлшегінің диаметріне қатынасына (негізгі фактор), ірі толықтырғыш бөлшектерінің пішініне, бөлшектердің мөлшерінің арматура штангасының диаметріне қатынасына байланысты.

- көлемді блоктау қатынасына бөлінген әрбір толтырғыш фракциясының көлемдік қатынасының қосындысы (толтырғыш фракциясының бетон көлеміне қатынасы) блоктау қаупін анықтайды. Бұл қатынас 1 (5) аспауы керек.

$$Бұғаттау\ қаупі = \sum \frac{n_{ai}}{n_{abi}} \quad (5)$$

мұндағы  $n_{ai}$  – толықтырғыштың "i" көлемдік қатынасы;

$n_{abi}$  – бұл фракцияның көлемдік блоктау қатынасы.

Әр фракция үшін:

$$n_{ai} \leq n_{abi} \quad (6)$$

$$n_{ai} = \frac{V_{ai}}{V_t} \quad (7)$$

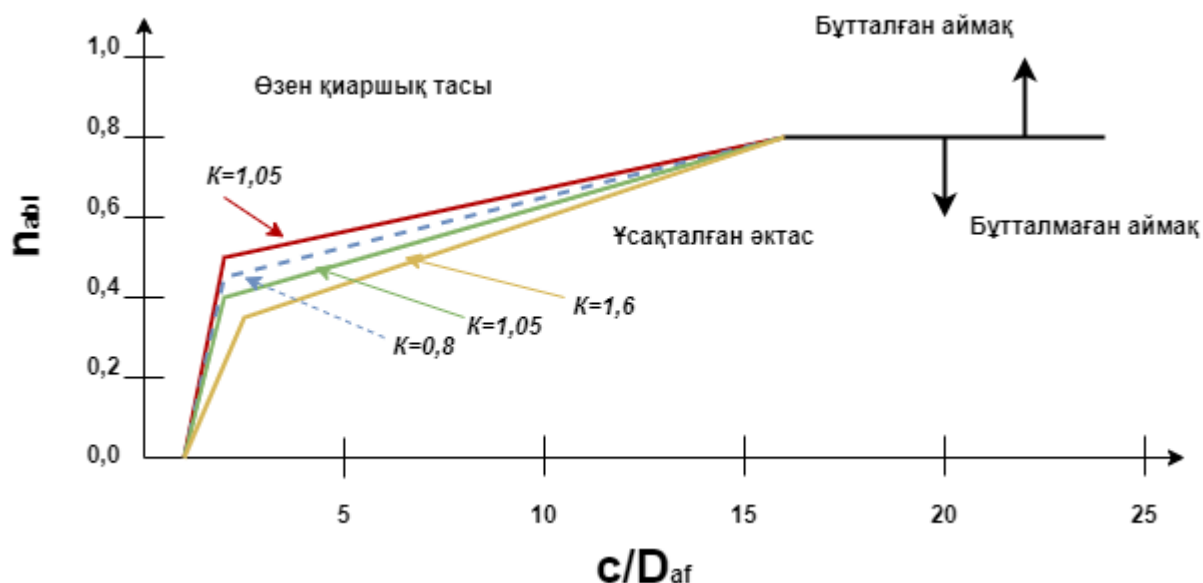
$$n_{abi} = \frac{V_{abi}}{V_t}, \quad (8)$$

$$V_{ai} \leq V_{abi} \quad (9)$$

Осыдан шығады:

$$W_{ai} = W_{abi} \quad (10)$$

$n_{abi}$  мәндерін Озава және басқалар эксперименталды түрде анықтады және графикте көрсетілген тәуелділікпен байланысты (3 сурет).



$V_{ai}$  және  $V_{abi}$  – тиісінше, фракция көлемі және I топ ірі толықтырғышының блоктау фракциясының көлемі;  $V_i$  – бетонның жалпы көлемі;  $W_{ai}$  және  $W_{abi}$  – I топ ірі толықтырғышының блоктау фракциясының салмағы (саны) және салмағы (саны);  $n_{ai}$  – ірі толықтырғыштың «i» фракциясының көлемдік қатынасы;  $n_{abi}$  – топ ірі толықтырғышының фракциясының көлемдік блоктау қатынасы  $i$ ;  $K$  – арматура штангасының диаметрінің ірі толықтырғыш дәнінің максималды мөлшеріне қатынасы;  $S$  – арматура штангалары арасындағы таза қашықтық;  $D_{af}$  – ірі толықтырғыш фракциясының диаметрі.

3 Сурет - Озава Графигі. Құлыптау аймағын анықтау критерийі

$$D_{af} = M_{i-1} + 0,75 (M_i - M_{i-1}) \quad (11)$$

мұндағы  $M_i$  и  $M_{i-1}$ , толықтырғыш фракциясының жоғарғы және төменгі мөлшері.

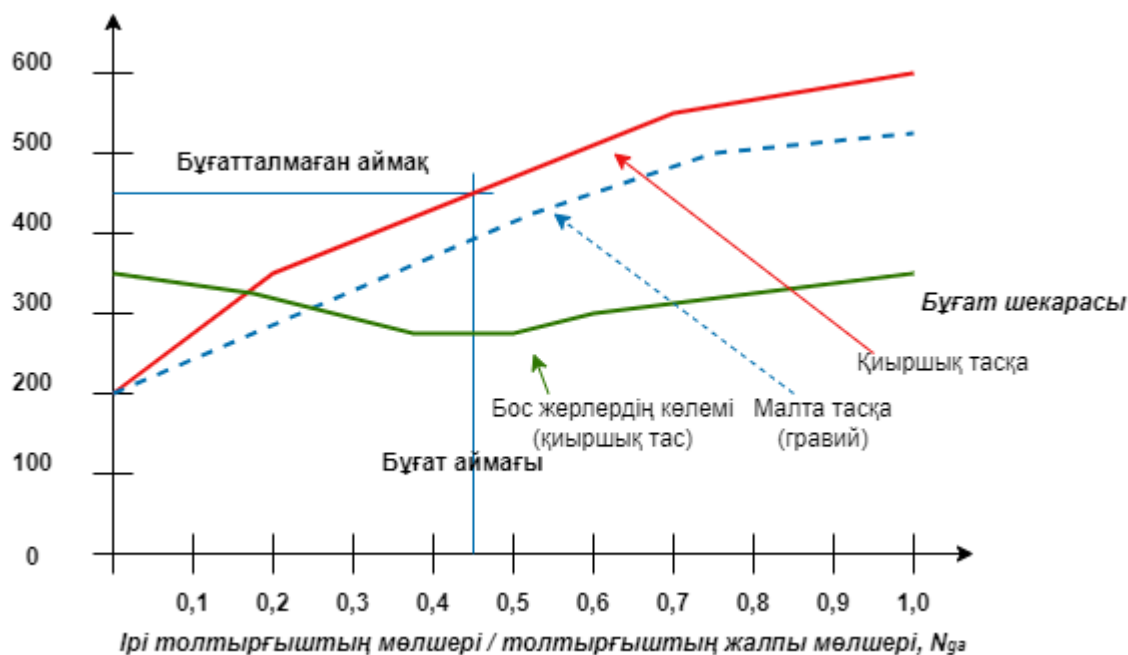
Ірі және ұсақ толықтырғыштың тіркесімі көлемдік қатынаспен анықталады:

$$N_{ga} = \frac{V_{кз}}{V_{оз}} \quad (12)$$

мұндағы  $V_{кз}$  – ірі толықтырғыштың көлемі,  
 $V_{оз}$  – толықтырғыштың жалпы көлемі.

$N_{ga} \leq 0,2$  (20% үлкен ірі толықтырғыш) кезінде цемент қамырының ең аз қажетті көлемі бос орын көлемінен аз болады-мұндай қоспалар үшін блоктау талдауы жарамсыз болады.

Бұл тәсіл  $0,3 \leq N_{ga} \leq 0,6$  үшін расталды.



4 Сурет - Қалыптау аймағын анықтауға арналған графигі

Іс жүзінде әдетте  $0,45 \leq N_{ga} \leq 0,50$  қабылданады, өйткені бұл бос орындардың минималды санына сәйкес келеді (4 Сурет).

Су/цемент (су/байланыстырғыш) қатынасы, цемент пен минералды қоспаның түрі беріктікке, беріктікке және қатайтылған бетонның басқа сипаттамаларына байланысты таңдалады. Қажет болған жағдайда суперпластификаторлар мен тұрақтандырғыштарды (қажет болған жағдайда) қолдана отырып, қажетті ұтқырлыққа (конустың жайылымлығына) және тұрақтылыққа (сегрегацияға төзімділікке) қол жеткізу үшін түзетіледі.

Жоғарыда сипатталған әдістер өздігінен нығыздалатын бетон қоспаларының құрамын жобалау мәселелерін шешуде кең таралған.

Сондай-ақ, халықаралық тәжірибеде UCL әдісі, LCPC әдісі, IBRI тәсілі және т. б. қолданылады.

### 3 тарау бойынша қорытындылар

3-тарауда ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетонды зерттеудің теориялық негіздері анықталған. Жұмыста қойылған міндеттерді сәтті орындау үшін ҰТӨНБ құрамын таңдау кезінде теориялық тұрғыдан туындауы мүмкін мәселелерді қарастыру және оларды азайту, сондай-ақ ӨНБ және

ҰТӨНБ құрамдарын таңдау әдістеріне теориялық талдау жасау қажет екендігі анықталды. Зертханалық және өндірістік сынақтардың әдістемесі анықталды.

Ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетонның жоғары сапалы конгломератын алу үшін су-цементтің жоғары қатынасы мен қоспаның қозғалғыштығымен, байланыстырғыш заттың жоғары құрамымен қатар, қажетті сығуымен сәйкес шөгуде деформацияларының әсеріне аз ұшырайтын берік бетон алуға қол жеткізу қажет. Сондай-ақ, ӨНБ, ҰТӨНБ құрамдарын таңдаудағы ең көп кездесетін мәселелердің бірі бетон қоспасын бөлу болып табылады. Мұндай қоспаларды жобалаудың зерттелген тәжірибесіне сүйене отырып, осы мәселелерді шешу үшін мыналар қажет екендігі анықталды:

- уақыт өте келе қоспаның қозғалғыштығын арттырып, сақтап қана қоймай, сонымен қатар суды сақтайтын қасиеттері бар кешенді химиялық қоспаны қолдану;

- шөгуде деформацияларының пайда болуын болдырмау және сегрегацияны болдырмау үшін минералды қоспаны қолдану қажет, ол қосымша суды ұстап тұру әсерін тудырады және байланыстырғыш затпен әрекеттескенде шөгуде жарықтарының пайда болуына жол бермейтін күшті кристалдық байланыстар түзеді;

- ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетонның құрамын дұрыс жобалау үшін сапалы конгломерат пен қажетті физикалық-техникалық сипаттамаларды алу үшін шикізат компоненттерін егжей-тегжейлі зерделеу қажет.

Өздігінен нығыздалатын бетондардың құрамын таңдаудың қолданыстағы әдістерін зерделеу кезінде UCL әдісі, LCPC әдісі, IBRI тәсілі және т.б. әдістері қолданылады, алайда қазіргі уақытта ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетондардың құрамын жобалауға дайын шешім мен жүйелі тәсіл жоқ.



## 4 ТАРАУ. ҰТӨНБ құрамының эксперименттік зертханалық және өндірістік сынақтары

### 4.1. Ұсақ түйіршікті бетон қоспасының қажетті физикалық-техникалық сипаттамаларын анықтау үшін зертханалық сынақтар жүргізу және деректерді талдау

Мәселені егжей-тегжейлі зерттеу үшін қосалқы құрамдарды қолдану және жобалау тәжірибесі зерттелді. Зерттеу ғылыми-зерттеу жұмыстарының нәтижелерінің қолда бар тәжірибесін жинақтау арқылы жүргізілді. Қазақстанда ӨНБ алу саласында зерттеулер жүргізілгені сөзсіз, алайда мамандар жұмыс барысында тұйық болып көрінетін бірқатар проблемаларға тап болды.

Көптеген сынақтар барысында зерттеушілер құйма қоспаларын алды, олар өздерінің жұмыс қабілеттілігін конустық шөгінділермен емес, жайылымлықпен сипаттады. Алайда, алынған қоспалар жайлымдандыру және су бөлу сипаттамалары бойынша нормативтік құжаттаманың талаптарына сәйкес келмеді. Қоспалар сегрегациядан өтті және тұтастығы болмады.



5 Сурет - Нығыздалмаған темірбетон құрылымының мысалы (қабырға)

Өнеркәсіптік сынақтарды талдау көрсеткендей, бұрын қоспалар әзірленген, олар зертханалық сынақтардан өткен кезде қанағаттанарлық нәтиже көрсетті, қоспаны бетон сорғымен айдау кезінде қиындықтар туындады. Өздігінен нығыздалатын бетондар үшін дұрыс таңдалмаған инертті компоненттердің гранулометриялық қосылыстарына байланысты бұғаттау әсері пайда болды. Бұғаттау әсері қоспаны айдау кезінде кедергілердің пайда болуымен және «ерітінді-кұбыр» шекарасында үйкелістің жоғарылауымен көрінетін ірі толықтырғыштың дұрыс таңдалмаған түйіршік құрамына байланысты кернеулердің пайда болуымен көрінеді. Сондай-ақ, өндірістік сынақтар барысында туындайтын проблемалардың бірі құйылатын

конструкциялардың бетінің өздігінен нығыздалатын бетонының өлшемдеріне сәйкес келмейтін алу болды, мысал 5- суретте көрсетілген.

Төсеу процесінде нығыздалмаған аймақтар пайда болды, құрылымдардың беті қалыптан шығарылғаннан кейін шұқырлар және жарықтар болды.

Бетон құрамын жобалауды бастамас бұрын, ұсақ түйіршікті бетон қоспасы мен соңғы конгломерат қандай сипаттамаларға ие болуы керек екенін анықтау керек. Сондай-ақ, қарастырылып отырған жұмыста қоспаның және бетонның физикалық-техникалық сипаттамалары қандай әдістермен анықталатынын анықтау қажет. ӨНБ және ҰТӨНБ құрамын таңдау кезінде, атап айтқанда, бетон қоспасының сипаттамалары: жұмыс қабілеттілігі, байланыстырғыштығы және жайлымдандыруға төзімділігі сияқты негізгі мәнге ие.

«The European Guidelines for Self-Compacting Concrete» мәліметтері бойынша өздігінен нығыздалатын бетон жұмыс қабілеттілігі бойынша үш сыныпқа бөлінеді. Жіктеу 25-кестеде көрсетілген.

25 кесте - Жұмысқа жарамдылық көрсеткіші бойынша ӨНБ-нің жіктелуі

Классы	Конустың жайылымы, мм
SF 1	550-650
SF 2	660-750
SF 3	760-850

Әр түрлі дереккөздер [112-113] SF 1 және SF 2 жұмыс қабілеттілігі бойынша өздігінен нығыздалатын бетон қоспаларын қолдану арқылы ең жоғары сапалы бетон бетіне (A1 және A2 класы, [114] сәйкес) қол жеткізуге болатынын хабарлайды.

Әрі қарай жобалау үшін конустың диффузиялық шектерін және ұсақ түйіршікті ӨНБ құрамының су-цемент қатынасын анықтау қажет. Ол үшін үлгілерді қалыптау және бетті одан әрі бағалау арқылы сынақтар жүргізілді.

Сынақ үшін жұмыста көрсетілген композиция қабылданды [115] (26-кесте).

26 Кесте - Қолайлы жайылымдылығын анықтау үшін өздігінен нығыздалатын бетонның құрамы

Құрамы	Компоненттің атауы және шығыны кг / м <sup>3</sup>					
	Цемент	Құм	Қиыршық тас, 5-10 мм	Қиыршық тас, 10-20 мм	Су	Химиялық қоспа
Бақылау құрамы	540	944	625	175	180	6,5



6 Сурет. Конустың жайылымын анықтау

Әрі қарай, жайылым бетінің сапасына әсерін бағалау үшін су-цемент қатынасының дәйекті өсуімен бір құрамды ауыстыру жүргізілді. Сынақ нәтижелері 27-кестеде келтірілген. Сынақтар үшін 1.3-бөлімнің зерттеу нәтижелері бойынша іріктелген шикізаттық сынақтар қолданылды:

- байланыстырғыш (цемент)-ЦЕМ II/A-III 42,5 Н, HeidelbergCement («Бұқтырма цемент компаниясы» ЖШС);
- құм – «Марк» карьері, 2,49 ірі модуль;
- қоспа поликарбонат эфирлеріне негізделген UZIN-PE(3) ;
- су, МЕМСТ 23732-2011 нормативтік құжатына сәйкес (EN 1008:2002, NEQ) (EN 206-1:2000, NEQ) «Бетондар мен ерітінділерге арналған су. Техникалық шарттар» [104, 58 бет].

Конустың жайылымын стандартты Абрамс конусының көмегімен анықталады

27 Кесте - Өздігінен нығыздалатын бетонның қолайлы жайлымдылығын анықтау

Құрамы	Компоненттердің атауы және шығыны кг/м <sup>3</sup>						Конустың жайылуы, см
	Цемент	Құм	Қиыршық тас, 5-10 мм	Қиыршық тас, 10-20 мм	Су	Химиялық қоспа	

Бақылауға алынған құрам	540	944	625	175	180	6,5	63
1 құрам	540	944	625	175	200	6,5	65
2 құрам	540	944	625	175	230	6,5	69

Бақылау құрамын қалыптау кезінде қоспасы SF 1 маркасына сәйкес келетін конустың жайылымын көрсетті. Бөлшектеу кезінде сынамалардың бетінде шұңқырлар мен қабықтар байқалады, олар 9-суретте көрсетілген.



7 Сурет - Үлгілер-630 мм конустық диффузиясы бар өздігінен нығыздалған бетон текшелері

Конустың жайылымы 680-700 мм-ден болған кезде текшелер ақаусыз тегіс бетке ие, құйылатын құрылымның беті де А1 класына сәйкес келеді (7-сурет бойынша). Қалыптау кезінде бетонға механикалық діріл жасалмады.

Сынақ нәтижелері бойынша өздігінен нығыздалатын бетонның оңтайлы бетіне SF 2 класына сәйкес келетін конустың жайылымы арқылы қол жеткізуге болатындығы анықталды. Сондай-ақ, сынақ нәтижелері бойынша қоспалар бөлінбеген және  $C/C=0,33-0,43$  қатынасын оңтайлы деп қабылдауға болады.

Сынақтар жүргізуді талдау нәтижесінде бетінің қажетті сапасын алу мақсатында ірі габаритті және арматураланған конструкцияларда өздігінен нығыздалатын бетонды пайдалану үшін өздігінен нығыздалатын бетон қоспасы да SF 2 класына сәйкес келуі тиіс, қолайлы конустың 68-70 см жайылымы болып табылады.



8 Сурет. 690 мм конустық жайылымы бар өздігінен нығыздалатын бетон текшелерінің үлгілері

Жұмыс қабілеттілігі бойынша нормативтік құжатқа сәйкес анықталады [116] (Annex B: Test methods, Annex B. 1).

Конустың жайылымын анықтау үшін стандартты (қалыпты) Абрамс конусы қолданылады. Конус пен металл парақ суланады, содан кейін конус металл параққа парақтың бетіне кішірек негізде орнатылады. Бетон қоспасы конус толығымен толтырылғанша құйылады. Конус 5-7 секунд ішінде көтеріледі, қоспаны толық тоқтатқаннан кейін жайылымлықтың ең үлкен екі диаметрі өлшенеді. Жайылымның ең үлкен екі диаметрінің орташа арифметикалық мәні сынақтың нәтижесі болып табылады (8- сурет бойынша).



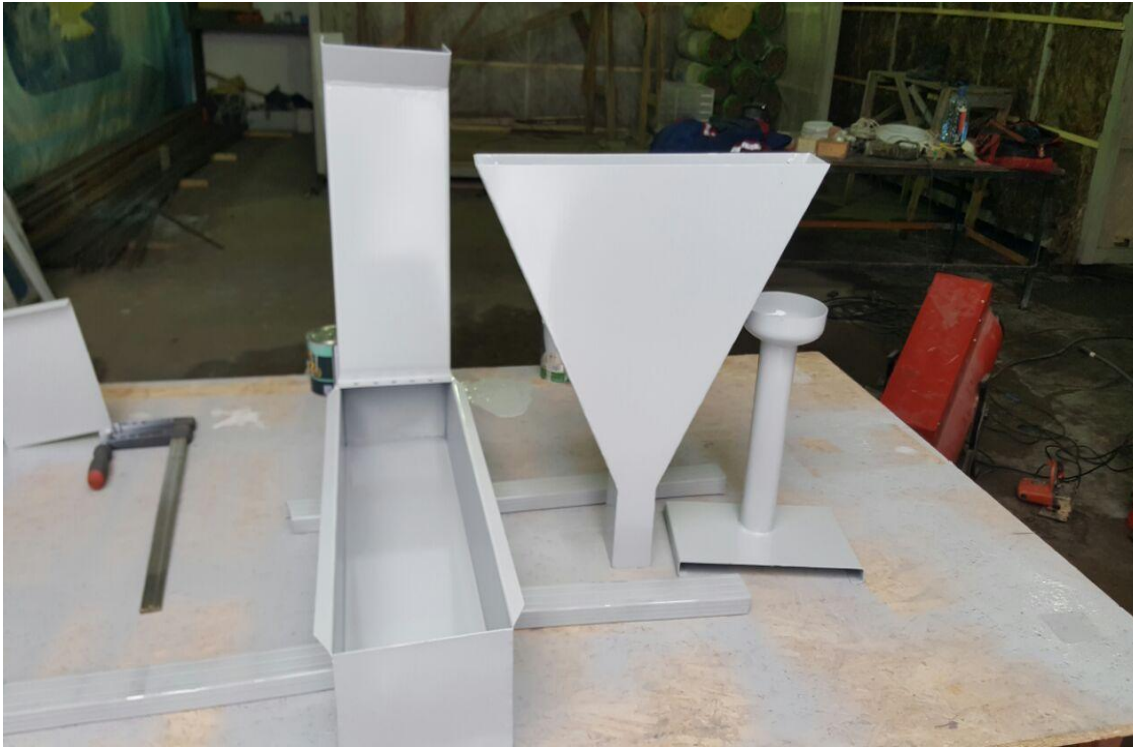
9 Сурет - Өздігінен нығыздалатын бетон конусының жайылымын өлшеу

Сондай-ақ, өздігінен нығыздалатын бетон қоспасының маңызды физикалық-техникалық көрсеткіші тұтқырлық болып табылады.

Тұтқырлық бойынша ӨНБ класы нормативтік құжатқа сәйкес V-шұңқыр арқылы өтетін уақытпен анықталады [116] (Annex B: Test methods, Annex B. 2). V-тәрізді шұңқыр нормативтік құжатқа сәйкес жасалады [116] (Annex B: Test methods, Annex B. 2, testing fresh concrete, part B2: V-funnel test, Figure 1 - V funnel). Құрылғының сырты 10-суретте көрсетілген.

Шұңқыр мен қақпаны тазалап, сулағаннан кейін қақпа жабылады. Бетон қоспасы шұңқырға бір әдіспен құйылады, содан кейін артық бетон қоспасы шұңқырдың жоғарғы жиегімен бірдей жойылады. Шұңқырдың астына ағызуда арналған ыдыс орналастырылған. Шұңқыр толтырылған сәттен бастап  $10 \pm 2$  секундтан кейін қақпа ашылады. Қақпа ашылған сәттен бастап шұңқырдан бетон қоспасы толығымен Біткенше 0,1 секундқа дейінгі уақыт өлшенеді. Шұңқыр қоспасының жарамдылық мерзімі сынақтардың нәтижесі болып табылады.

«The European Guidelines for Self-Compacting Concrete» мәліметтері бойынша байланыстырғыш көрсеткіші бойынша өздігінен нығыздалатын бетон екі сыныпқа жіктеледі.



10 сурет - V-тәрізді сынақ шұңқырының пайда болуы

28 Кесте -Тұтқырлық көрсеткіші бойынша ӨНБ жіктелуі

Класс	Өту уақыты, с
VF 1	$\leq 8$
VF 2	9-25

Қолда бар деректерді талдау және 27-кестеде көрсетілген құрамдармен жүргізілген зертханалық сынақтар негізінде V-тәрізді шұңқырдан шығудың оңтайлы уақыты 9-12 секунд екендігі анықталды.

Байланыстырғыштың осы көрсеткішімен өздігінен нығыздалған бетон қоспасы ағынмен үзілмейді, тегіс ағып кетеді де қалыпталған үлгілер қажетті бет сапасына ие болады. Байланыстырғыш қоспаның бөліну көрсеткіштеріне де әсер етеді. Байланыстырғыштың жоғарылауы су-цемент қатынасының жоғарылауы туралы сигнал бере алады, бұл кейіннен құрылымдағы қоспаның қатпарлануға әкеледі.

Бетон қоспасының (сегрегация) жайлымдылыққа төзімділік класы нормативтік құжаттарға сәйкес анықталады [116] (Annex B: Test methods, annex B4). Динамикалық әсер ету кезінде оның жайлымдылығын сипаттайтын бетон қоспасының ерітінді бөлінуі бетонның бақылау үлгілерін жасау үшін өлшеуіш ыдыста немесе қалыпта нығыздалған бетон қоспасының төменгі және жоғарғы бөліктеріндегі ерітінді компонентінің құрамын салыстыру арқылы анықталады. «The European Guidelines for Self-Compacting Concrete»

мәліметтері бойынша өздігінен нығыздалатын бетон 29-кестеде көрсетілген екі сыныпқа жіктеледі.

29 Кесте - Өздігінен нығыздалатын бетон қоспаларының сегрегация көрсеткіші бойынша жіктелуі

Класс	Қатбарлану, %
SR 1	$\leq 20$
SR 2	$\leq 15$

Қолда бар деректерді талдау және 27-кестеде көрсетілген композициялармен жүргізілген зертханалық сынақтар негізінде V - тәрізді шұңқырдан шығудың оңтайлы уақыты-деламинация  $\leq 15\%$  (SR 2) екендігі анықталды.

#### **4.2. ҰТӨНБ-тың физикалық-техникалық сипаттамаларына әсер ететін факторларды анықтау**

Ұсақ түйіршікті бетон қоспаларын өндірудегі басты мәселе-сегрегация. Өздігінен нығыздалған бетон қоспасының сегрегация мәселесі әсіресе композицияларды жобалау кезінде жиі кездесетін мәселе болып табылады. Ауыр бетонның стандартты құрамдарына қатысты жоғары су-цемент қатынасы жайлымдылыққа, су бөлуге және басқа да қанағаттанарлықсыз нәтижелерге әкеледі. Бұл мәселенің шешімі ретінде барлық жағымсыз факторларды зерттегеннен кейін өнеркәсіптік өндіріс қалдықтары – микро кремний диоксиді құрамында суды сақтайтын қоспа ретінде қолдану туралы шешім қабылданды.

Микрокремнеземді енгізу қоспаның реологиялық қасиеттерін дұрыс модельдеу қажеттілігіне байланысты. Реология-бұл заттың деформациясы мен сұйықтығын зерттеуге арналған ғылым саласы. Реология ғылым ретінде ресми түрде құрылды және оны 1920 жылы профессор Евгений Бингам анықтады. Бетонның механикалық қасиеттері мен оның құрамы арасында негізгі корреляциялар орнатылған:

- беріктік - С/Ц;
- беріктік - кеуектілік;
- шөгу - толтырғыштың мазмұны;
- төзімділік С/Ц және ауа мазмұны.

Дегенмен, пластикалық күйдегі бетонның қасиеттері мен қалыпталатын элементтің ерекшеліктері арасында тұрақты корреляция жоқ.

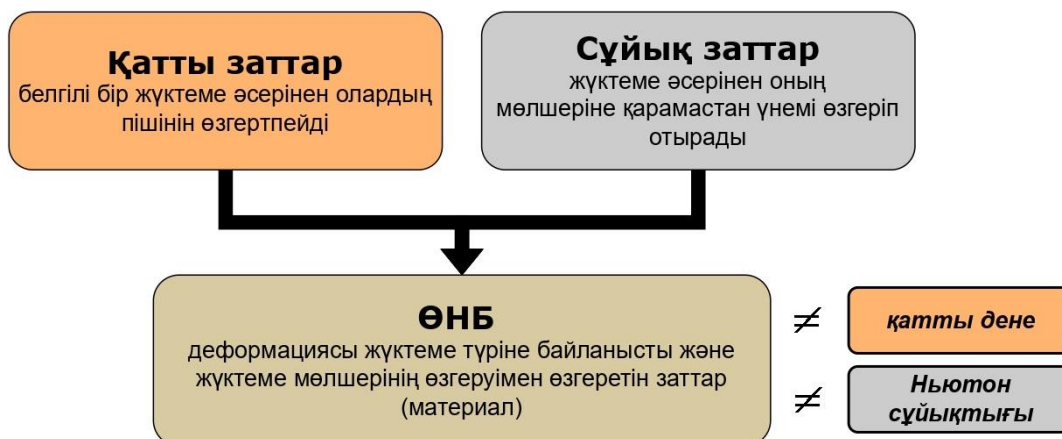
Бұл байланысты (корреляцияны) алдын-ала анықтайтын элементтерді анықтау қажет:

- пластикалық күйдегі бетонның қасиеттері;
- қалыптауға жататын элементтің пішіні мен өлшемі;
- арматураның орналасуы мен мөлшері;
- қалыптау техникасы.



Бетон реологиясын жан-жақты зерттеудің түпкі мақсаты-берілген нақты бетон қоспасы берілген нақты арматурамен берілген нақты пішінді жеткілікті түрде толтыра алатынын болжау мүмкіндігін алу.

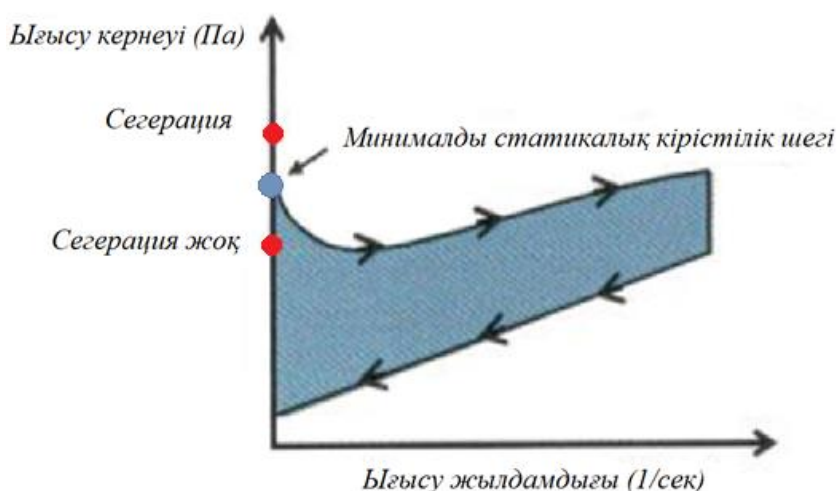
Егер ӨНБ-ның ірі толықтырғыштық күйдің белгілі бір түріне қатынасын қарастыратын болсақ, онда ӨНБ-қатты және сұйық заттар арасындағы «шекаралық материал» деген қорытындыға келуге болады (11-сурет бойынша).



11 Сурет-Ірі толықтырғыштық күй бойынша топтарға ӨНБ анықтамасы

Бетон тыныштықта және ағым кезінде әртүрлі реологиялық қасиеттерге ие. Бетон күйінің бірнеше көрсеткіштері бар:

- статистикалық кірістілік шегі-тыныштықтан кейін ағымды бастау үшін минималды ығысу кернеуі;
- динамикалық аққыштық шегі-тиксотропты құрылым бұзылғаннан кейін ағымды қамтамасыз ету үшін минималды ығысу кернеуі;



12 сурет. Ығысу кернеуі мен ығысу жылдамдығының қатынасы

- пластикалық байланыстырғыш – аққыштық шегінен жоғары ығысуы жылдамдығының әрбір өзгерісі үшін ығысу кернеуінің өзгеруі;

- тиксотропия-қайтымды, уақытқа тәуелді, ығысуға бейім материалдағы байланыстырғыштың төмендеуі.

Бетон тиксотропты цемент сынағында «ілулі» толтырғыштан тұрады. Цемент қамыры ірі толықтырғыш дәндерінің белгілі бір жиынтығын тоқтата тұру үшін қажетті реологиялық қасиеттерге ие болуы керек. Сонымен қатар, егер статикалық кірістілік минималды статикалық кірістілік шегінен үлкен болса-мұндай қоспада сегрегация болмайды (12-сурет). Егер статикалық кірістілік минималды статикалық кірістілік шегінен аз болса-ірі толықтырғыш түйірлерінің батыру жылдамдығы цемент қамырының беріктігі мен байланыстырғыштығына байланысты болады.



13 Сурет - «Сомбреро» әсері

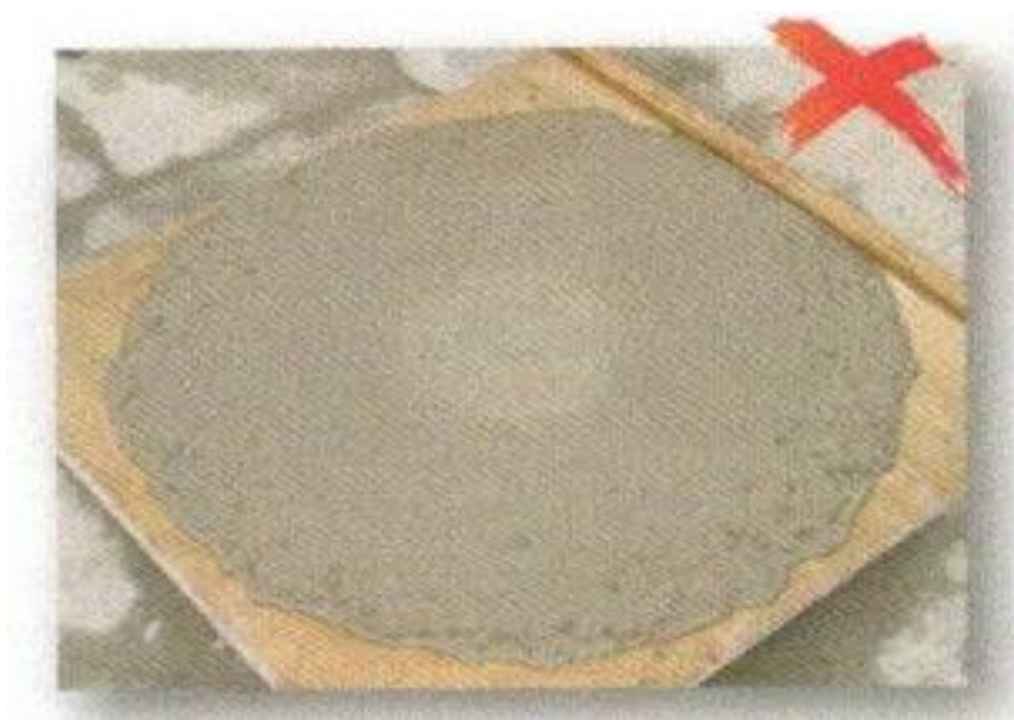
Өздігінен нығыздалған бетондар қоспаның жайлымдануының келесі негізгі түрлерімен сипатталады:

- Жайылымның ортасында үлкен ірі толықтырғыш бөлшектерінің концентрациясы (13-ші сурет бойынша).

Бетон қоспасының сегрегациясының бұл түрінің себептері құрамындағы үлкен ірі толықтырғыштың артық болуы, ірі толықтырғыштағы ірі бөлшектердің қалыптан тыс мөлшері және цемент-күм ерітіндісінде үлкен ірі толықтырғыштың «ілулі» күйін және сақталуын қамтамасыз етпейтін цемент қамырының төмен байланыстырғыштығы. Алайда, сегрегацияның бұл түрі өздігінен нығыздалатын бетонның реологиялық қасиеттері туралы жалпы көріністі алу үшін ғана көрсетілген. Сегрегацияның бұл түрі құрамында үлкен ірі толықтырғыш болмаған кезде мүмкін емес, бұл ұсақ түйіршікті (атап айтқанда, өздігінен нығыздалатын ұсақ түйіршікті) бетондардың айрықша ерекшелігі болып табылады.

- Ірі толықтырғыштың едәуір бөлігінің жайылымы шеттеріне орын ығыстыруы (14-ші сурет бойынша). Бетон қоспасының қабаттарға бөлінуінің

себебі - ірі толықтырғыштың жетіспеушілігі, аққыштықтың төмен шегі, су-цемент қатынасының жоғарылауы, сонымен қатар ірі толықтырғышты ерітінді бөлігінде ұстап тұрудың қажетті әсерін жасауға мүмкіндік бермейді. Жобаланған құрамда ірі толықтырғыштың болмауына қарамастан, бетон қоспасының қабаттарға бөлінуінің, яғни сегрегацияның бұл түрі ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын қоспада да болуы мүмкін. ҰДК құрамының жоғары болуына байланысты толтырғыш ретінде пайдаланылатын құм ауырлық күшінің әсерінен жиектер бойымен жылжи алады.



14 Сурет - «Гало» әсері

Жайлымдылық және су бөлу бөлігіндегі нормативтік құжаттаманың талаптарына жауап беретін өздігінен нығыздалатын бетондардың құрамын жобалау үшін қоспаның қажетті реологиялық қасиеттерін алуға дұрыс тәсілді анықтау қажет.

Ірі толықтырғыштың астық құрамына, оның қоспадағы құрамына ерекше назар аудара отырып, құрамы тәжірибелік түрде түзетіледі. 15-суретте қажетті сипаттамаларға сәйкес келетін қоспаның жайылымлығы көрсетілген-қоспасы дұрыс таратылады, толтырғыш бөлшектері қоспада біркелкі болады.



15 Сурет - Өздігінен нығыздалатын бетон қоспасындағы толтырғыштың дұрыс таралуы

Монолитті құрылыс жағдайында құрылыс жұмыстарын қамтамасыз етуге арналған бетон қоспасы ауыр бетондарға қойылатын жалпы талаптарға ғана емес, сонымен қатар айдау талаптарына да жауап беруі керек.

Ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетон қоспасының дұрыс таңдалған құрамы жақсы қозғалғыштығымен ерекшеленеді. Бұл көрсеткішті қамтамасыз ету үшін келесі аспектілерді ескеру қажет:

- қоспада суспензияның бойлық қозғалысын қамтамасыз ететін жеткілікті су болуы керек. Егер мазмұн оңтайлы болса, онда үйкеліс тек бетон сорғысының құбырының ішкі бетінде оны майлайтын ерітіндінің жұқа қабатында дамиды. Ерітінді қабаты 1-ден 2 мм-ге дейін. үйкеліс мөлшері қоспаның күйіне байланысты, бірақ оңтайлы суды байланыстыратын қатынасты таңдағанда, жайлымдылыққа және беріктік сипаттамаларының төмендеуіне жол бермеу керек.

- композицияда гель тәрізді фазаның жеткілікті мөлшері болуы керек. Бетон сорғысының құбырында қоспаның қажетті сырғуын қамтамасыз ету үшін жеткілікті байланыстырғыш және толтырғыш қамтамасыз етілуі керек.

- ірі толықтырғыштың гранулометриялық құрамы үзіліссіз гранулометрияны болдырмайтындай болуы тиіс. Бос орындар гранулометрия тұрғысынан жеткілікті және дұрыс таңдалған толтырғышпен және цемент ерітіндісімен мүмкіндігінше толтырылуы керек.

Талдау нәтижесінде алынған тәжірибені қолдана отырып келесі қорытындылар жасауға болады:

- ірі толықтырғыштың құрамында болмаған жағдайда қоспаның айдалуы негізгі проблема болмайды. Құрамда қиыршық тастың болмауы қоспаның "кептелуіне" әкелмейді. Сондай-ақ, композицияны жобалау және қоспаның зертханалық сынақтарын жүргізу кезінде қоспаның ортасында үлкен ірі толықтырғыштың шоғырлану проблемасы болмайды;

- алайда, үлкен ірі толықтырғыштың болмауына байланысты қоспасы сегрегацияға ұшырауы ықтимал. Бұл мәселені шешу үшін микрокремнезем (суды сақтайтын минералды қоспа ретінде), сондай-ақ бетон қоспасының суды сақтау қабілетін арттыратын арнайы химиялық қоспа қолданылады.

Қоспаның зертханалық сынақтарын жүргізу үшін ӨНБ-ның негізгі физикалық-техникалық қасиеттерін зерттеу және талдау қажет.

ӨНБ құрамын таңдау кезінде бетон қоспасының сипаттамалары маңызды: жұмыс қабілеттілігі, байланыстырғыштығы және жайлымдылыққа төзімділігі.

### **4.3. ҰТӨНБ құрамын таңдау**

#### **4.3.1 В30 класты М400 маркалы ҰТӨНБ құрамын теориялық іріктеу**

Қазіргі уақытта ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетонның құрамын таңдаудың бекітілген әдістері жоқ. Осыған байланысты құрамды іріктеу өздігінен нығыздалатын бетондардың құрамын іріктеу әдістемесін ескере отырып, ұсақ түйіршікті бетонның құрамын іріктеудің қолда бар әдістемелері негізінде, кейіннен зертханалық және өндірістік апробация нәтижелері негізінде түзетумен жүргізілетін болады. Бастапқы есептеу құрамы әдістеме негізінде жасалады [117].

#### **Бетон құрамын таңдауға арналған тапсырма**

- Класы В30, маркасы М400;  
- Жобалық жас - 28 тәулік;  
- Бұйымдарды жылу-ылғалдылықпен өңдеу кезінде бетонның босату беріктігі нормаланған беріктіктің 70 пайыз құрайды.

- 680-700 мм конустың жайылымлығы (SF 2);
- Шұңқырдың жарамдылық мерзімі 9-12 секунд (VF 2);
- Сегрегация қатпарлану  $\leq 15\%$  (SR 2).
- Шикізат материалдары:

Байланыстырғыш (цемент)-ЦЕМ II/A-III 42,5 Н, HeidelbergCement («Бұқтырма цемент компаниясы» ЖШС)

Құм – «Марк» карьері, үлкендік модулі 2,49

Қоспа EZCON-HPA (3), 20 °С температурадағы тығыздық,  $\rho = 1050 \pm 0,05$  кг/м<sup>3</sup>

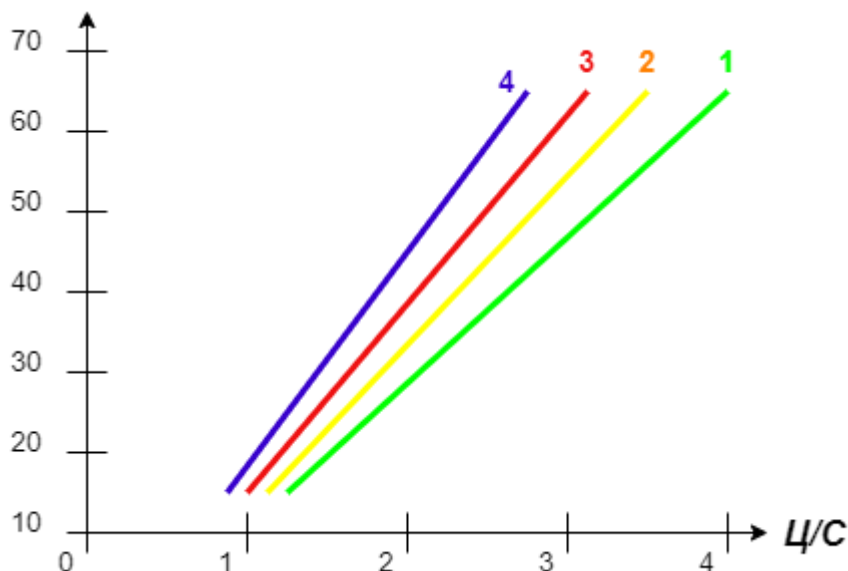
Су

Микрокремнезем түріндегі минералды қоспа (S=3980 см<sup>2</sup>/г)

C / Ц= 0,33-0,43

Іріктеу кезінде вариация коэффициенті 13,5 пайыз болатын сыныптың орташа беріктігіне тең сыныптың орташа беріктігі тағайындалады. Іздеген сынып үшін. М400 маркалы В30 класты бетонның қажетті класы үшін композицияны таңдау үшін 39,0 МПа класының орташа беріктігі қабылданады.

Цемент-су қатынасы бетонның беріктігі мен қолданылатын цемент маркасына негізделген 16-суретке сәйкес тағайындалады.



1-ЦЕМ 22,5; 2-ЦЕМ 32,5; 3 - ЦЕМ 42,5; 4-ЦЕМ 52,5.

16 Сурет - Цемент беріктігінің класының қатынасы Ц/С қалыпты қатаюының 28 күнінен кейін ұсақ түйіршікті бетонның беріктігіне тәуелділігі

Цемент/су қатынасы 2,2-ге тең деп қабылданады.

Бастапқы номиналды құрамның құм мен цемент арасындағы арақатынасы (К/С) берілген жұмысқа қабілеттілікке және С/Ц қатынасына байланысты тағайындалады. Бұл жағдайда жұмыс қабілеттілігі бойынша максималды мән қолданылады және К/С 2,6-ға тең болып тағайындалады.

Бастапқы номиналды құрамның цемент шығыны ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ) (13) формула бойынша есептеледі.

$$Ц = \frac{\rho_{см}^0}{1 + \frac{К}{Ц} + \frac{С}{Ц}} \quad (13)$$

мұндағы  $\rho_{см}^0$  – бетон қоспасының тығыздығы шамамен алынған;  
 $С/Ц$  – бұрын анықталған су-цемент қатынасы;

Қ/Ц – бұрын анықталған құм-цемент қатынасы.

$$\text{Ц} = 2200/1+2,6+0,45 = 543 \text{ кг/м}^3$$

Бастапқы номиналды құрамның құм шығыны (кг/м<sup>3</sup>) (14) формула бойынша есептеледі:

$$\text{П} = \text{Ц} \times \frac{\text{Қ}}{\text{Ц}} \quad (14)$$

мұндағы Ц - (13)формула бойынша анықталған цемент шығыны;  
Қ/С - құм-цемент қатынасы.

$$\text{П} = 543 * 2,6 = 1412 \text{ кг/м}^3$$

Қоспаның құрамындағы байланыстырғыш заттың мөлшеріне қарай қоспаның паспортына және өндірушінің ұсыныстарына (0,8-1,2 пайыз) сәйкес есептеледі. Қоспаның шығыны 4,34 кг/м<sup>3</sup> тең деп қабылданады.

Есептеу әдісімен алынған бетонның номиналды құрамы (30-кесте):

30 Кесте - Бетонның номиналды құрамы

Құрамы	Компоненттердің атауы мен шығыны кг/м <sup>3</sup>			
	Цемент	Құм	Су	Химиялық қоспа
Бақылауға арналған құрам	543	1412	244	4,34

Микрокремнеземді қолдануды ескере отырып, құрамы түзетіледі. Микрокремнезем мөлшері қолда бар зерттеу деректеріне сәйкес қабылданады. Қолайлы мәні 40-тан 75 кг/м<sup>3</sup>-ке дейін.

Микрокремнезем мөлшері қолда бар зерттеу деректеріне сәйкес қабылданады. Қолайлы мәні 40-тан 75 кг/м<sup>3</sup>-ке дейін.

#### 4.3.2 Нәтижелерді зертханалық сынақтан өткізу

Бетон құрамын есептеу нәтижелеріне сәйкес мен зертханалық сынақтар жүргіздім.

Негізгі құрам ретінде байланыстырғыш заттың құрамын түзетуді ескере отырып, есептеулер нәтижесінде алынған бетонның номиналды құрамы қабылданады.

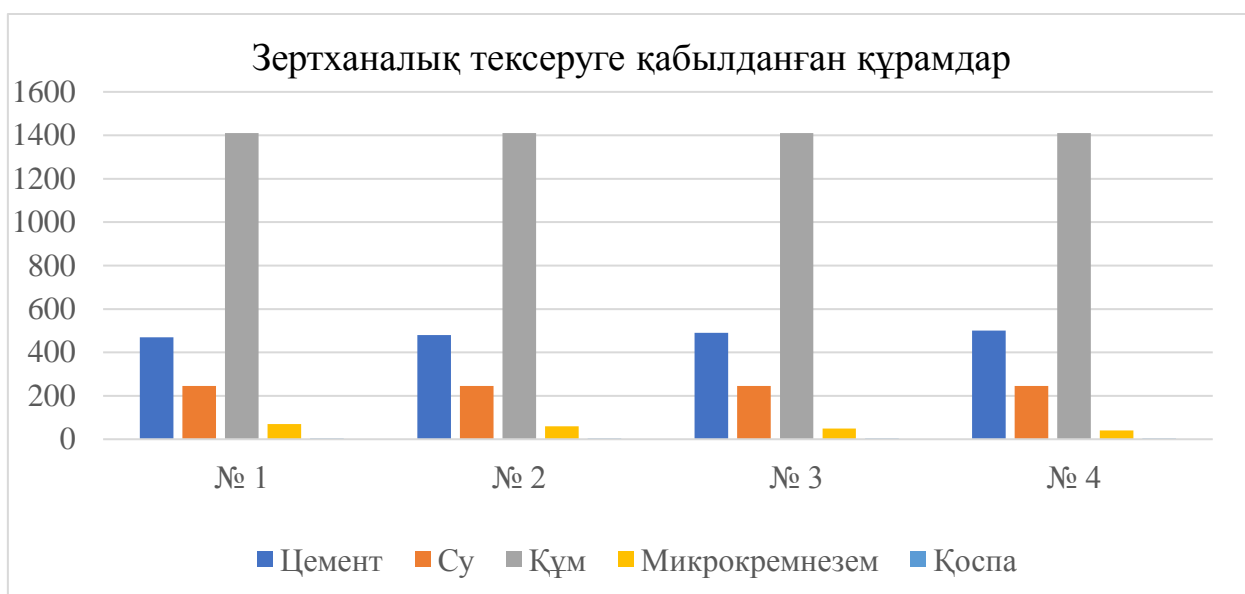
Микрокремнезем ұсақ дисперсті компонент болғандықтан, композицияны жобалау кезінде оның байланыстырғыш бөлігін орналастыру ұсынылады. Осыған сүйене отырып, номиналды құрамы микрокремнезем мөлшеріне түзетілді (ұсынылатын ең төменгі шегі – 40 кг/м<sup>3</sup>). Сұйық

химиялық қоспаның мөлшерін есептеу ұсақ дисперсті фазаның – цемент пен микрокремнездің мөлшеріне негізделген.

Зертханалық тексеру бірнеше композициялар қабылданады (31-кесте):

31 кесте - Зертханалық тексеруге қабылданған құрамдар

Компоненттердің атауы	1 құрам	2 құрам	3 құрам	4 құрам
Цемент	470	480	490	500
Су	245	245	245	245
Құм	1410	1410	1410	1410
Микрокремнезем	70	60	50	40
Қоспа	4,34	4,34	4,34	4,34



1 Диаграмма - Зертханалық тексеруге қабылданған құрамдар

Микрокремнеземнің әртүрлі құрамы қоспаның қасиеттеріне (оның жайылымлығы, су-цемент қатынасы), сондай-ақ беріктік сипаттамаларына әсер етеді. Осыған байланысты 10 кг/м<sup>3</sup> қадамда микрокремнеземнің әртүрлі құрамымен сынақтар жүргізу туралы шешім қабылданды.

Теориялық жобаланған ұсақ түйіршікті бетон қоспасының сапалық сипаттамаларын анықтау үшін анықтау сынақтары жүргізілді:

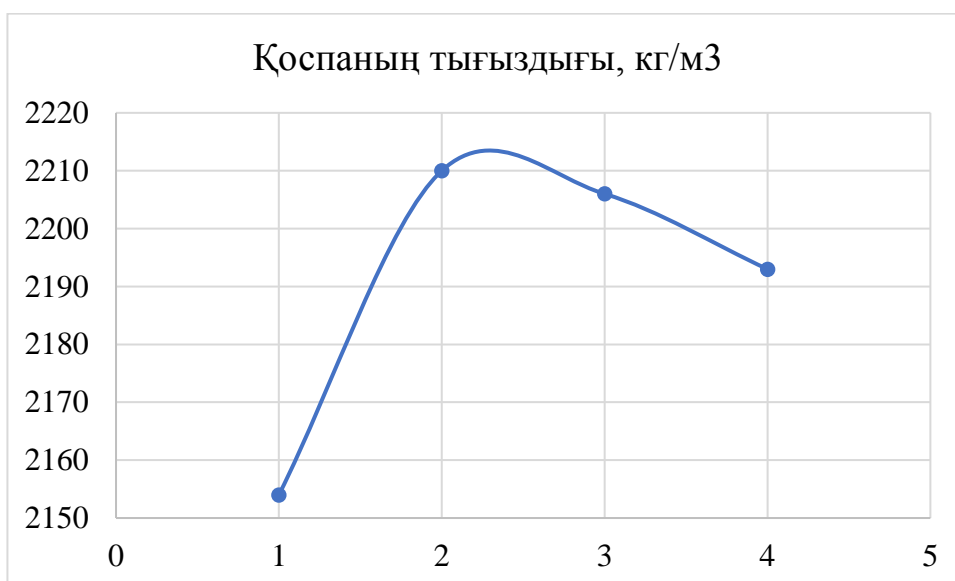
- қоспаның тығыздығы;
- қоспаның жайылымлығы;
- қоспаның бөлінуі;
- V-шұңқырдың жарамдылық мерзімі;
- 7 тәуліктегі сығу күші.

Зертханалық тексеру нәтижелері 32-кестеде көрсетілген.

32 Кесте- Құрамдарды зертханалық сынақтан өткізу нәтижелері



Құрамның №	Қоспаның тығыздығы, кг/м <sup>3</sup>	Жайылу конусы, см	Сегрегация, %	V-тәрізді құбырдан ағу уақыты, с	7 тәуліктен кейінгі сығылу беріктілігі, МПа
1	2154	64,5	8	7	41,8
2	2210	68,0	12	11	44,3
3	2206	67,5	15	14	44,9
4	2193	66,0	16,3	15	43,2



2 Диаграмма - Қоспаның тығыздығы, кг/м<sup>3</sup>



3 Диаграмма - Жайылу конусы, см

Ағымдағы тараудың 3.1-тармағында талдау нәтижелері бойынша анықталғандай, құрамды жобалау үшін қажетті конустың жайылымы 680-700 мм (SF 2) болып табылады. Құрамы №1, онда микрокремнеземнің мөлшері 70 кг/м<sup>3</sup>-ке тең, зерттелетін құрамдардан конустың аз жайылымлығын көрсетті. № 2 композиция қажетті сипаттамаларға ие. Алайда, қоспаның пайда болуы өндірістік сынақтарды жүргізу кезінде мүмкін болатын сегрегация туралы айтады, осыған байланысты құрамға талдау және қосымша түзету жүргізілді: су мөлшері азаяды, құм мөлшері артады. Алайда, композицияны теңестіру керек және конустың жайылымлығын төмендетпеу керек, осыған байланысты қоспаның техникалық құжаттамасында рұқсат етілген шектер шеңберінде қоспаның мөлшері ұлғайтылды.

Нәтижелерді талдау және қайта зертханалық тексеру құрамын түзету нәтижелері бойынша 33-кестеде көрсетілген құрамға жатады.

33 Кесте. Зертханалық тексеруге қабылданған құрам (түзетуден кейін)

Компоненттердің атауы	№5 құрам
Цемент	480
Су	210
Құм	1430
Микрокремнезем	60
Қоспа	5,4

Қоспаның тығыздығын, конустық жайылымын, тұтқырылығын және сегрегациясын анықтау үшін қайта сынақтар жүргізілді. Сондай-ақ, қабырға өлшемі 100x100 мм болатын текше-үлгілерді қалыптау және қалыпты жағдайда сақтау арқылы 7 тәулік жасында сығукезінде беріктік анықталды. №5 бетонның түзетілген құрамын қайта сынау нәтижелері 34-кестеде көрсетілген.

34 кесте. №5 құрамды зертханалық сынақтан өткізу нәтижелері

Сынақ атауы	Сынақ нәтижелері
Қоспаның тығыздығы, кг / м <sup>3</sup>	2185
Конустың жайылымы, см	69,5
Бөлу, %	9
V-шұңқырдан шығу уақыты, сек	10
3 тәулік жасында сығуберіктігі, МПа	23,1
7 тәулік жасындағы сығуберіктігі, МПа	44,8
14 тәулік жасындағы сығуберіктігі, МПа	48,9
28 тәулік жасындағы сығуберіктігі, МПа	49,6
52 тәулік жасындағы сығуберіктігі, МПа	51,8

Бетонның тығыздығы 28 тәулік, кг / м <sup>3</sup>	2249
Аязға төзімділік	F <sub>1</sub> 250

### 4.3.3 Нәтижелерді өндірістік сынақтан өткізу

Ғылыми зерттеулерді растау және өндірістік сынақтан өткізу үшін В30 класты М400 маркалы ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетонның құрамына өндірістік сынақтан өткізу жүргізілді.

Өндірістік тексеру «Темірбетон-1», ЖШС, Алматы қ., Бөкейханов к-сі, 11 тауарлық бетон және темірбетон конструкцияларын өндіру зауытының аумағында жүргізілді.

Өндірістік тексеру зертханалық тексеруден өткен ғылыми-зерттеу жұмысы шеңберінде алынған құрамды конструкцияға құю жолымен жүргізілді (34-кесте).

Тәжірибелік құрылым ретінде ФБС 24-6-6Т (ұзындығы 2,38 м, ені 0,6 м, биіктігі 0,58 м) стандартты өлшемдегі іргетас блогы (ФБС) қабылданды.

Өндірістік тексеру бірнеше кезеңде жүргізілді:

зауыт өндірісінің ағымдағы технологиялық процесін және бетон араластырғыш құрылғы жұмысын зерттеу;

- құрамның сынамалық илеуін жүргізу;
- құрамын түзету;
- құрамды қайта илеуді жүргізу (36-кесте) және конструкцияға құю;
- физика-механикалық сынақтар жүргізу.

#### 4.3.3.1 зауыт өндірісінің және БАҚ жұмысының ағымдағы технологиялық процесін зерделеу

«Темірбетон-1» ЖШС (16-сурет) 1954 жылы құрылған тауарлық бетон және темірбетон конструкцияларын шығаратын зауыт болып табылады. Бұл кезеңде зауыт бар:

- Темірбетон бұйымдарын өндіретін 13 цех (2 арматуралық цехты қоса алғанда);

- Дайын бұйымдардың ашық қоймалары;

- Көлемі 200 м<sup>3</sup> цементке арналған 9 силос;

- 4 бетон араластырғыш (2 араластырғыш - 2 м<sup>3</sup>, 2 араластырғыш - 1,5 м<sup>3</sup>).



16 Сурет - «Темірбетон-1» ЖШС зауыты

Зауытта өндірістік ҰТӨНБ сынақтан өткізу үшін қажетті мөлшерлеу жабдығы мен жеке бетон араластырғыш қондырғысы бар. Жабдық типтегі шикізат қоймалары, 9 силос, қажет болған жағдайда стандартты байланыстырғыштан (цементтен) басқа қоспаның ұсақ дисперсті компоненттеріне, мысалы, микрокремнезем, жүктеуге болады.

Тауарлық бетон өндіру мүмкіндігінен басқа, зауыт темірбетон бұйымдарын өндіруге арналған цехтармен жабдықталған. Осы кезеңде «Темірбетон-1» ЖШС зауыты жеткізілетін өнімдердің кең спектріне ие: сакиналар, науалар, қадалар, іргетастар, электр беру желілері тіректері және т.б. Арматуралық қаңқалар зауытта да жасалады (17-сурет).



## 17 сурет. «Темірбетон-1» ЖШС арматуралық цехы

Дайын бұйымдарды сақтау зауыт аумағында ашық үлгідегі қоймаларда жүргізіледі.

### 4.3.3.2 ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетон қоспасының сынақ илеуі

Сынақ илеуге мынандай материалдар пайдаланылды:

- байланыстырғыш (цемент)-ЦЕМ II/A-III 42,5 Н, «HeidelbergCement» («Бұқтырма цемент компаниясы» ЖШС);

- құм – «Марк» карьері, 2,49 ірі модуль, шаң тәрізді және сазды қосындылардың мөлшері 1,26 пайыз, ылғалдылығы  $w=1,5$  пайыз;

- қоспа түрі- EZCON-HPA(3), 20°C температурадағы нығыздық,  $\rho = 1050 \pm 0.05$ ;

- техникалық су;

- микрокремнезем түріндегі минералды қоспа ( $S=3980 \text{ см}^2/\text{г}$ ).

Шикізат материалдарын зауыт ұсынған. Барлық шикізат микрокремнеземді қоспағанда, бетон араластырғыш қондырғыға стандартты түрде беріледі. Микрокремнезем қолмен, тікелей бетон араластырғышқа қосылды. Бұл шешім микрокремнеземді жеке силосқа айдау мүмкін еместігіне байланысты қабылданды. Қоспаға микрокремний диоксидін енгізу сәтті болды. Қоспаны араластыру уақыты 150 секундты құрады. Өндірістік апробацияның құрамы 36-кестеде көрсетілген.

36 кесте. Өндірістік апробацияға арналған құрам

Компоненттердің атауы	Саны, кг / м <sup>3</sup>
Цемент	480
Су	210
Құм	1430
Микрокремнезем	60
Қоспа	5,4

Бетон қоспасының бастапқы сынамалық илеуі 2 м<sup>3</sup> көлеміне өндірілді. Осыдан кейін қоспа тікелей бетон араластырғышқа түсіріліп, қоспаны сынау үшін сынамалар алынды. Сынақ илеудің ұсақ түйіршікті бетон қоспасының алынған физика-техникалық сипаттамалары 37-кестеде көрсетілген.

37 кесте. ҰТӨНБ-ның физика-техникалық сипаттамалары

Сынақ атауы	Сынақ нәтижелері
Қоспаның тығыздығы, кг / м <sup>3</sup>	2164
Конустың жайылымы, см	73

Бөлу, %	19
V-шұңқырдан шығу уақыты, сек	14

Бетон қоспасын сынау және визуалды тексеру нәтижелері бойынша қоспаның жобалық (65-70 см) жоғары жайылымлануы да байқалады. Композицияны түзету туралы шешім қабылданды.

#### 4.3.3.3 өндірістік тексеру нәтижелері бойынша ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетон қоспасының құрамын түзету

Конустың жйлымым азайту және су бөлу факторын болдырмау қажеттілігіне байланысты келесі шаралар қабылданды:

- су мөлшерін  $10 \text{ кг/м}^3$  төмендету;
- микрокремнезем мөлшерін  $5 \text{ кг/м}^3$  ұлғайту;
- 30 секундқа араластыру уақытын азайту.

38-кестеде көрсетілген құрамға сәйкес бетон қоспасын қайта илеу жүргізілді. Илеу көлемі  $2 \text{ м}^3$  құрады, илеу бетон араластырғышқа тиелді, одан қоспаның физикалық-техникалық сынақтарын жүргізу үшін сынамалар алынды. Микрокремний диоксиді қолмен, тікелей бетон араластырғышқа қосылды. Қоспаны араластыру уақыты 120 секундты құрады.

38 кесте. Қайта өндірістік апробацияға арналған құрам

Компоненттердің атауы	Мөлшері, кг / $\text{м}^3$
Цемент	480
Су	240
Құм	1470
Микрокремнезем	80
Қоспа	5,4

39 кесте. ҰТӨНБ-ның физика-техникалық сипаттамалары

Сынақ атауы	Сынақ нәтижелері
Қоспаның тығыздығы, кг / $\text{м}^3$	2220
Конустың жайылымы, см	67
Бөлу, %	11
V-шұңқырдан шығу уақыты, секунд	12

Физика-техникалық сынақтардың нәтижелері қанағаттанарлық: конустың жайылымлығы қажетті мәнге ие, сегрегация және тұтқырлық көрсеткіштері де жобаланғанға сәйкес келеді. Қоспаны визуалды тексеру сонымен қатар оның сәйкестігі туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Сегрегацияның көрнекі белгілері жоқ, судың бөлінуі де байқалмайды.

Өнім табиғи жағдайда қатты болды, 12 сынама алынды-100x100 мм текшелер болатын, үлгілерді сақтау шарттары әртүрлі болды. 6 үлгі табиғи

жағдайда сақтауға қалдырылды, 6 үлгі қалыпты жағдайда гидравликалық қақпасы бар ваннада сақталды.

#### 4.3.3.4 бұйымдарға физикалық-механикалық сынақтар жүргізу

Бұрын сипатталғандай, бетонның сипаттамаларын бақылау және сақтау жағдайларының соңғы сипаттамаларға әсері үшін өндірістік тексеруге ұшыраған композиция үлгілері бөлінді. 40-кестеде гидравликалық қақпалы ваннада қалыпты жағдайда сақталған үлгілерді сынау нәтижелері көрсетілген. 100x100 мм қабырға өлшемі бар текшелердің үлгілерін сығу кезінде тығыздық пен беріктік анықталды, үлгілер қалыптау процесінде шаншуға немесе дірілдеуге ұшырамады.

40 кесте. 100x100 мм текше үлгілерінің физика-техникалық сипаттамалары (қалыпты сақтау шарттары)

Сынақ атауы	Сынақ нәтижелері
Тығыздығы 3 тәулік, кг / м <sup>3</sup>	2185
3 тәулік жасындағы беріктік, МПа	24,8
Тығыздығы 7 тәулік, кг / м <sup>3</sup>	2183
7 тәулік жасындағы беріктігі, МПа	41,3
Тығыздығы 28 тәулік, кг / м <sup>3</sup>	2180
Беріктігі 28 тәулік, МПа	49,6

Жүргізілген сынақтардың нәтижелері бойынша табиғи жағдайда сақталған үлгілердің қанағаттанарлық беріктік сипаттамалары болады. Үлгілердің беріктігі жобалықтан пайыздық қатынаста (М30 В400 R<sub>бер</sub> = 38,4 МПа үшін) 3 тәулікке 64,58%, 7 тәулікке – 107,55%, 28 тәулікке – 129,17% құрады.

Ауданы 180 м<sup>2</sup> болатын өндірістік үй-жайдың монолитті еден негізін құю үшін ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетон қоспасының дайындалған тәжірибелік партиясы қолданылды.

Өнімнің беріктік сипаттамаларын тексеру жанама әдіспен ИПС-МГ 4.01 құралын қолдану арқылы жүргізілді.

41 кесте. Прочность опытной партии, определяемая неразрушающим методом (табиғи жағдайда қатаю кезінде)

Сынақ атауы	Сынақ нәтижелері
3 тәулік жасындағы беріктік, МПа	23,6
7 тәулік жасындағы беріктігі, МПа	40,1
28 тәулік жасындағы беріктігі, МПа	48,3

42 кесте. Бетон бетінің класын анықтау (табиғи жағдайда қатаю кезінде)

Тест атауы	Сынақ нәтижелері
Бетон бетінің класы	A1

#### 4-тарау бойынша қорытындылар

4-тарауда ҰТӨНБ тәжірибелік, зертханалық және өндірістік зерттеулерінің нәтижелері көрсетілген. 3-тарауда композицияны таңдау тапсырмасына негіз болған мәліметтерге талдау жасалды, атап айтқанда ұсақ түйіршікті бетон қоспасының қажетті физикалық-техникалық сипаттамалары анықталды. Сынақ нәтижелері бойынша өздігінен нығыздалатын бетонның оңтайлы бетіне SF 2 класына сәйкес келетін конустың жайылымлығы арқылы қол жеткізуге болатындығы анықталды. Сондай-ақ, сынақ нәтижелері бойынша қоспалар бөлінбеген және  $C/C=0,33-0,43$  қатынасын оңтайлы деп қабылдауға болады. Сондай-ақ, бетінің қажетті сапасын алу үшін ірі және арматураланған конструкцияларда өздігінен нығыздалатын бетонды пайдалану үшін өздігінен нығыздалатын бетон қоспасы да SF 2 класына сәйкес келуі керек, оңтайлы 68-70 см конустың жайылымлығы болып табылады. Қолда бар деректерді талдау және 27-кестеде көрсетілген композициялармен жүргізілген зертханалық сынақтар негізінде мыналар анықталды V-шұңқырдан шығудың оңтайлы уақыты - 9-12 секунд. Қоспаның жайлымдандыруна келетін болсақ, жайлымдану көрсеткіші неғұрлым аз болса, сапасыз беттің пайда болу ықтималдығы, беріктіктің таралуы және сегрегацияның басқа да жағымсыз әсерлері соғұрлым жоғары болатыны анықталды.

Талдау нәтижелері бойынша ҰТӨНБ сипаттамаларына әсер ететін бірқатар факторлар анықталды, олар бетон құрамын және ҰТӨНБ қоспасы мен бетонның 1 қасиетін эксперименттік зерттеуді есептеуді ескереді.

ҰТӨНБ құрамының теориялық есебі жүргізілді. Әрі қарай зерттеуге құрамы қабылданды (30-кесте):

Микрокремнеземді қолдануды ескере отырып, құрамы түзетіледі. Микрокремнезем мөлшері қолда бар зерттеу деректеріне сәйкес қабылданады. Қолайлы құрамы болып -40-тан 75 кг/м<sup>3</sup>-ке дейінгі.

Қоспаның бірқатар зертханалық сынақтары жүргізілді. Сынаулардың нәтижелері бойынша қоспаның және бетонның қажетті физикалық-техникалық сипаттамаларын алуға әкеп соқтырған түзетулер жүргізілді (33кесте):

Алматы қаласы, «Темірбетон-1» ЖШС базасында құрамды өндірістік сынақтан өткізу жүргізілді. Бетон қоспасының физикалық-техникалық сипаттамаларын анықтау нәтижелері бойынша бірқатар түзетулер енгізілді. Өндірістік апробация үшін қабылданған соңғы құрам 38-кестеде көрсетілген.

Физика-техникалық сынақтардың нәтижелері қанағаттанарлық: конустың жайылымлығы қажетті мәнге ие, сегрегация және байланыстырғыш



көрсеткіштері де жобаланғанға сәйкес келеді. Қоспаны визуалды тексеру сонымен қатар оның сәйкестігі туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Сегрегацияның көрнекі белгілері жоқ, судың бөлінуі де байқалмайды.

Ауданы 180 м<sup>2</sup> болатын өндірістік үй-жайдың монолитті еден негізін құю үшін ұсақ түйіршікті өзін өзі нығыздайтын бетон қоспасының дайындалған тәжірибелік партиясы қолданылды.

Өнім табиғи жағдайда қатты болды, 12 сынама алынды-100x100 мм текшелер болатын, үлгілерді сақтау шарттары әртүрлі болды. 6 үлгі табиғи жағдайда сақтауға қалдырылды, 6 үлгі қалыпты жағдайда гидравликалық қақпасы бар ваннада сақталды.

Сынақ нәтижелері бойынша бақылау үлгілері мен мынадай физика-техникалық сипаттамалары бар бұйымдар алынды (40, 41, 42-кестелер)

40 кесте. 100x100 мм текше үлгілерінің физика-техникалық сипаттамалары (қалыпты сақтау шарттары)

Жүргізілген сынақтардың нәтижелері бойынша табиғи жағдайда сақталған үлгілердің қанағаттанарлық беріктік сипаттамалары болады. Үлгілердің беріктігі жобалықтан пайыздық қатынаста (М30 В400  $R_{бер} = 38,4$  МПа үшін) 3 тәулікке 64,58%, 7 тәулікке – 107,55%, 28 тәулікке – 129,17% құрады. Көрнекі тексеру нәтижелері бойынша жарықтар, пленка немесе басқа ақаулар табылған жоқ. Өнімнің беріктік сипаттамаларын тексеру жанама әдіспен ИПС-МГ4.01 құралын қолдана отырып жүргізілді.

Зертханалық және өндірістік тексеру нәтижелері бойынша қоспаның және түпкілікті бұйымдардың қажетті физика-техникалық сипаттамалары бар В30 класты ҰТӨНБ құрамы алынды.

## 5 ТАРАУ. ҰСАҚ ТҮЙІРШІКТІ БЕТОН ҚОСПАЛАРЫН ӨНДІРУ ҮШІН ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕСТІ ОҢТАЙЛАНДЫРУ

### 5.1 тауарлық бетондарды өндіруге арналған технологиялық желінің ағымдағы жай-күйі

Тұтастай алғанда, ел бойынша Қазақстан Республикасында бетон өндірісі 2010-2015 жылдар бойы рекорд орнатты, осы кезеңде екі еседен астам, яғни жылына орта есеппен 22 пайызға ұлғайды. Бірақ 2016 жылы бетон нарығы өз позициясын 12%-ға төмендетті және 2017 жылдан бастап өндірістің біртіндеп өсуінің жаңа толқыны пайда болды. Бұл жолы бетон өндірісінің өсуі баяу қарқынмен жүрді және үш жыл ішінде (2016 жылдан 2018 жылға дейін) бар болғаны 8,1 пайыз құрады, бұл 2018 жылдың қорытындысы бойынша 17,5 миллион тоннаға жуық нәтиже берді.

2019 жылы бірінші тоқсанда 2018 жылғы көрсеткіштерден 3,1 пайызға өсу тіркелді, алайда екінші тоқсан әлдеқайда әлсіз болып шықты және бірінші жартыжылдықтың қорытындысы бойынша 4,6 пайыз артта қалушылықтың бар екенін айтуға болады. Үшінші тоқсан, екінші тоқсан сияқты, былтырғы жылмен салыстырғанда әлсіз болып шықты, тек 2019 жылдың соңы ғана жағдайды біршама өзгертті, соның арқасында қараша мен желтоқсан айлары өткен жылдарға қарағанда сәтті болды. Нәтижесінде, 2019 жыл 2018 жылғы көрсеткіштер бойынша 3,2 пайыздан артта қалып отыр (18 Сурет).



18 Сурет - ҚР-да 2013 жылдан 2022 жылға дейін жылдың бірінші тоқсанында бетон өндіру кестесі

Қазақстан Республикасы Статистика комитетінің деректері бойынша 2022 жылдың қыркүйегінде елімізде тауарлық бетон өндірісі 1971,1 мың

тоннаны құрады. Жылдың тоғызыншы айында бұл жаман емес, бірақ ең жақсы нәтижеден алыс. Ол былтырғы жылмен салыстырғанда 4,1 пайызға әлсіз; 2020 жылғы ұқсас айдың нәтижесінен 3,4 пайызға артық; ал 2019 жылғы қыркүйектің қорытындысы 10,9 пайызға.

Тамыз-қыркүйек айларында бетон өндірісінің динамикасына қарасақ, биыл ол +3,6 пайыз құрады және бұл көрсеткіш соңғы онжылдықтағы ең жақсылардың бірі. Салыстыру үшін, өткен жылы Қазақстанда бетон өндірісінің өсуі теріс болды -0,1 пайыз, ал өткен жылы -0,4 пайыз. Орташа алғанда, 2013 жылдан бастап ол -0,1 пайыз құрайды.

Қазақстан Республикасы Статистика комитетінің [118] мәліметтері бойынша, 2022 жылғы қарашада елімізде тауарлық бетон өндірісі 1805,0 мың тоннаны құрады. Жылдың он бірінші айы үшін бұл соңғы 9 жылдағы ең нашар нәтиже. Ол өткен жылмен салыстырғанда 26,2 пайызға әлсіз; 2020 жылдың ұқсас айынан 24,2 пайызға артта қалды; және 2019 жылдың қараша айының қорытындысынан 22,8 пайызға нашар (19 Сурет) .



19 Сурет - Қазақстан Республикасында 2013 жылдан 2022 жылға дейін қараша айында тауарлық бетон өндіру кестесі

Талданған ақпаратқа сәйкес, 2022 жылы тауарлық бетон өндірісі 2016-2021 жылдардағы көрсеткіштермен салыстырғанда төмендейді деген қорытынды жасауға болады.

Тауарлық бетон өндірісі бойынша технологиялық желілердің ағымдағы жай-күйін бағалау үшін өндіруші зауыттарда шолу экскурсиялары өткізілді. Шолу экскурсияларының нәтижелері бойынша келесі қорытындылар жасауға болады:

- өндірілетін тауарлық бетонның номенклатурасы М100-ден М400-ге дейінгі ассортимент ұсынылған;

- Технологиялық желілердің жабдықтарын бұрынғы КСРО-ның 1970-1990 жылдардағы өндірушілері, сондай-ақ 2010 жылға дейінгі түрік жабдықтары ұсынады;

- мөлшерлеу жабдығы көбінесе электронды емес, бұл мөлшерлеу кезеңінде қиындықтар туғызады және жоғары қателіктерге әкеледі, әсіресе су мен химиялық қоспаларды мөлшерлеу бөлігінде.

Жүргізілген талдау нәтижелері бойынша тауарлық бетон өндірісі бойынша технологиялық желілердің ағымдағы жай-күйі орташа/орташадан төмен деп бағаланады деген қорытынды жасауға болады.

## **5.2 ҰТӨНБ-ты сәтті шығару үшін өндіріс процесін өзектендіру**

Өздігінен нығыздалатын бетондарды, атап айтқанда ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетондарды шығару бойынша табысты нәтижелерге қол жеткізу үшін технологиялық желілердің жай-күйін талдау негізінде өндірістік процесті өзектендіру қажет.

Процесті өзектендіру бірнеше негізгі кезеңдерден өтуі керек:

1. Мөлшерлеу жабдықтарын жаңарту. Осы жұмыста мен көрсеткен ақпараттан көріп отырғанымыздай, ҰТӨНБ өндірісі құрамдағы су мен химиялық қоспаның мөлшеріне ерекше назар аударуды қажет етеді. Мөлшерлеу жабдығының өлшеу қателігі 0,1 пайыздан аспауы тиіс. Әйтпесе, қоспаның бөліну ықтималдығы жоғары немесе қоспаның диффузиясы бойынша қажетті сипаттамаларға жете алмайды.

2. Микрокремнеземді сақтауға арналған қоспа сүрлемді (ағымдағы жұмыста қарастырылғандай) немесе өзге де ұсақ дисперсті қоспаны жабдықтың құрамына қосу. ҰТӨНБ сапалы бетон қоспасын алудың өте маңызды аспектісі-бұл микро дисперсті компоненттің болуы. Бетон қоспасына енгізген кезде оның бір келкілігіне қол жеткізу үшін микродисперсті компоненттің қажетті ылғалдылығын сақтау қажет. Сондай-ақ, сүрлем сақтау кезінде материалдың қадағалануын болдырмау үшін аэрация механизмімен жабдықталуы керек.

3. Қоспаға ұсақ бөлшекті компонентті енгізу үшін технологиялық желіге қоспа тасымалдау жабдығын қосу. Тасымалдау кезінде «кептелуді» болдырмау үшін материалдың нақты бетін ескеру қажет.

4. Технологиялық желінің құрамында планетарлық бетон араластырғыштың болуы. Гравитациялық бетон араластырғыштың ҰТӨНБ араластыру үшін қолдану алынып тасталады, өйткені қоспаның бір келкілігіне қол жеткізілмейді.

5. Егер тікелей өндіріс процесін қарастыратын болсақ, құрғақ түрдегі ұсақ бөлшектерді целлюлоза түрінде (сумен немесе сумен және химиялық қоспамен немесе олардың бөліктерімен) байланыстырғышқа енгізуді қайта бөлуді қосу қажет.

## **5 тарау бойынша қорытындылар**

5 тарауда ҚР-дағы тауарлық бетон өндірісі бойынша саланың ағымдағы жай-күйіне талдау, сондай-ақ технологиялық желілердің ағымдағы жай-күйіне бағалау жүргізілді. Талдау нәтижелері бойынша желілердің жабдықтары бұрынғы КСРО өндірісінің ескірген модельдерімен ұсынылған деген қорытындыға келуге болады. Сондай-ақ, түрік өндірісінің желілері жиі кездеседі, негізінен 2010 жылға дейін.

ҰТӨНБ -ды сәтті шығару үшін өндіріс процесін өзектендіру кезеңдері ұсынылды, оған мыналар кіреді:

1. Дозалау жабдықтарын жаңарту;
2. Микрокремнеземді сақтауға арналған қоспа сүрлемді (ағымдағы жұмыста қарастырылғандай) немесе аэрация жүйесі бар өзге де ұсақ дисперсті қоспаны жабдықтың құрамына қосу;
3. Қоспаға ұсақ бөлшекті компонентті енгізу үшін технологиялық желіге қоспа тасымалдау жабдығын қосу.
4. Технологиялық желінің құрамында планетарлық бетон араластырғыштың болуы.
5. Ұсақ дисперсті компонентті құрғақ түрде байланыстырғыш немесе пульпа түрінде енгізуді қайта бөлуді қосу.

## **6 ТАРАУ. ҰСАҚ ТҮЙІРШІКТІ ӨЗДІГІНЕН НЫҒЫЗДАЛАТЫН БЕТОНДАРДЫ ҚОЛДАНУДЫҢ ЭКОНОМИКАЛЫҚ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ**

### **6.1 құрылыста ҰТӨНБ қолданудың технологиялық артықшылықтары**

Өздігінен нығыздалатын бетондардың басты ерекшелігі - олардың өз салмағының әсерінен нығыздалу қабілеті, тіпті нығыз арматураланған құрылымдарда да пішінді толығымен толтырады. Сондай-ақ, өздігінен нығыздалатын бетондардың қасиеттері ұтқырлықтың ұзақ сақталуын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, бұл тасымалдау мерзімін едәуір ұзартуға мүмкіндік береді және дірілді нығыздау мүмкін болмай, қиын жағдайларда бетон жұмыстарын жеңілдетеді.

Өздігінен нығыздалатын бетонның және әсіресе ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетонның негізгі артықшылықтары:

*- күрделі және нығыз арматураланған конструкцияларда құю үшін қолдану мүмкіндігі.*

Бұл сәулетшілер мен дизайнерлердің мүмкіндіктерін кеңейтуге ғана емес, сонымен қатар құрылымды біртұтас архитектуралық пішін беру үшін оны «үйіп тастау» қажеттілігінің болмауына байланысты шығындарды үнемдеуге әкеледі. Егер біз ҰТӨНБ – ды қарастыратын болсақ, онда тағы бір маңызды артықшылық пайда болады-кіші диаметрлі арматурадан аз қадаммен арматуралық торды қолдану мүмкіндігі, бұл өз кезегінде дұрыс дизайнмен темірбетон өнімдерінде металға жұмсалған қаражаттың бір бөлігін үнемдеуге мүмкіндік береді.

*- өндіріс орнынан едәуір алыс жерлерде қолдану мүмкіндігі.*

Физикалық-техникалық қасиеттеріне сүйене отырып, өздігінен нығыздалатын бетондардың қозғалғыштығы жоғарылайды. Кешенді химиялық қоспаларды қолдану бетон қоспасының қозғалғыштығын реттеуге мүмкіндік береді, бұл бетон қоспасының сақталу уақыты ішінде – 2-2,5 сағатқа дейін осындай бетон түрлерін тасымалдауға мүмкіндік береді.

*- өздігінен нығыздалатын бетондарды қолдана отырып, құрылыс жұмыстарын жүргізуге жұмсалатын энергия шығынын азайту.*

Өздеріңіз білетіндей, өздігінен нығыздалған бетондар дірілді қажет етпейді. Осыған сүйене отырып, діріл нығыздағыштарын сатып алу, күтіп ұстау және пайдалану қажет емес. Сондай-ақ, өздігінен нығыздалатын бетондарды құю ауыр бетондардың стандартты түрлерімен салыстырғанда бірнеше есе аз уақытты алады, осылайша құрылыс машиналары үшін энергия ресурстарын тұтыну азаяды, құрылыс алаңын жалпы жарықтандыруға шығындар азаяды (түнгі уақытта жұмыс жүргізу кезінде), қалып пен бетонды жылытуға энергия тұтыну азаяды (қыста жұмыс жүргізу кезінде) сәндеуге кететін уақыттың қысқаруы және қатаю кинетикасының жоғарылауы.

*-- өздігінен нығыздалатын бетонды төсеу үшін еңбек шығындарын азайту,.*

ӨНБ типті бетондарды төсеу үшін қажетті персонал саны стандартты ауыр бетондармен салыстырғанда айтарлықтай аз. ӨНБ төсеу кезінде бетондарды дірілдету үшін қосымша жұмысшының қажеті жоқ, сонымен қатар жүргізілген өндірістік сынақтарға сәйкес бетонды құрылымға тікелей төсеу үшін 5 емес, 2 адам қажет.

Егер құю мен қатаюдан кейінгі жұмыстарды қарастыратын болсақ, онда жоғары сапалы беттерді (А1 және А2 кластары) алу салдарынан ақауларды (жарықтар мен шұңқырларды) түзетуге қажетті персоналдың уақыты мен саны діріл бетондарымен салыстырғанда айтарлықтай азаяды. Осылайша, ӨНБ төсеу кезінде еңбек шығындарының айтарлықтай төмендеуі байқалады.

- қайта құру немесе құрылыс уақытын азайту.

Өндірістік сынақтар туралы мәліметтерге сүйене отырып [5] уақытша эквивалентте ӨНБ-ның белгілі бір артықшылықтары бар деген қорытынды жасауға болады. Өздігінен нығыздалатын бетон қоспаларын конструкцияға құю айтарлықтай аз уақытты алады, қатаю кинетикасының жоғарылауы құрамға және түпкі мақсатқа байланысты 1-3 тәулікке қалыптарды алып тастауға және конструкцияны одан әрі жүктеуге мүмкіндік береді (дірілдейтін бетондарды қолдана отырып құрылыс жұмыстары үшін стандарт ретінде 7 тәулікте уақыт аралығы қабылданады), құрылыстан кейінгі жұмыстарға уақытты азайту (түзету бетінің ақаулары, қалыптарды тазалау).

- ең жоғары сапалы беті бар бетон бұйымдарын өндіру.

ӨНБ және ҰТӨНБ қолдану, атап айтқанда, А1 және А2 класындағы бұйымдар мен құрылымдардың беттерін алуға мүмкіндік береді. Осы бөлімдегі жоғарыда аталған артықшылықтардан басқа, жоғары екенін атап өткен жөн сынып беттер ӨНБ және ҰТӨНБ ғимараттары мен құрылыстарында әрлеу жұмыстарды тезірек және тиімді жүргізуге мүмкіндік береді.

## 6.2 ҰТӨНБ қолданудың экономикалық әсері

ҰТӨНБ қолданудың экономикалық тиімділігін бағалау үшін стандартты ауыр бетон мен ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетон құрамдарының өзіндік құнының орташа өлшенген есебі жүргізіледі, нәтижелер 43-кестеде көрсетілген.

43 кесте. 1 м<sup>3</sup> ауыр бетон мен ҰТӨНБ құнын есептеу

№	Компонент атауы	Ауыр бетон		ҰТӨНБ	
		Бағасы	1 м <sup>3</sup> ге кететін шығын	Бағасы	1 м <sup>3</sup> ге кететін шығын
1	Байланыстырғыш түрі (цемент)	28000 тг/т	12600	28000 тг/т	13440
2	Құм	5500 <sup>1</sup> тг/т	4125	5500 <sup>1</sup> тг/т	7865
3	Қиыршық тас	3000 <sup>1</sup>	3500	3000 <sup>1</sup>	-

		тг/т		тг/т	
4	Қоспа түрі	800 тг/кг	4 320	800 тг/кг	4 320
5	Микрокремнезем	45 000 тг/т	-	45 000 тг/т	2 925
6	Барлығы <sup>2</sup>		24 545		28 550
Ескертпелер					
<sup>1</sup> Жеткізуді есепке алғанда Алматы қаласы бойынша орташа құны					
<sup>2</sup> Ауыр тауарлық бетонның орташа құны В30 М400 Алматы қаласында 22500 теңгеден 27000 теңгеге дейін					

Орташа өлшенген есептеу нәтижелері бойынша 1 м<sup>3</sup> өздігінен нығыздалатын ұсақ түйіршікті бетонның құны жоғары (+4005 теңгеге).

ҰТӨНБ қолданудың экономикалық орындылығын дәлелдеу үшін бетон төсеудің техникалық аспектілерін міндетті түрде қарастыру қажет. Бұрын сипатталғандай, ӨНБ экономикалық тиімділік шығындарды есептеу сатысында дәл қолдану және төсеу тұрғысынан ашылады. Есептеу нәтижелері 44 кестеде келтірілген.

Есептеулер үшін кіріспе ақпарат:

Стандартты төсеу уақыты 1 м<sup>3</sup> = 10,4 адам/сағ

Құны 1 адам / сағат = 1600 тг\*сағат / адам

Ауыр бетон үшін:

10,4 адам / сағат / 5 адам = 2,1 1/сағат

2,1 1 / сағат \* 5 адам \* 1600 тг\*сағ / адам = 16 800 тг

2,6 1 / сағат \* 2 адам \* 1600 тг\*сағат / адам = 8 320 тг

44 кесте. ҰТӨНБ қолданудың экономикалық тиімділігінің жиынтық есебі

Шығындар бабы	Стандартты тауарлық ауыр бетон В30 М400	В30 М400 ұсақ түйіршікті өздігінен тығыздалатын бетон
Құны, 1 м <sup>3</sup>	24545 тг	28550 тг
Төсеу шығындары,	16800 тг	8320 тг
Барлығы	41345 тг	36870 тг
Үнемдеу	4475 тг	

### 6.3 ҰТӨНБ қолдану арқылы төсеуді жүзеге асыруға арналған ұсыныстар

#### 6.3.1 ҰТӨНБ қабылдау, төсеу және күту ерекшеліктері

ҰТӨНБ қолдану арқылы бетон жұмыстарын өндірудің технологиялық циклі бетон қоспасын қабылдауды, төсеуді және бетонды күтуді қамтиды. Бұл ретте, ҰТӨНБ үшін мынадай ұсыныстарды орындау қажет.

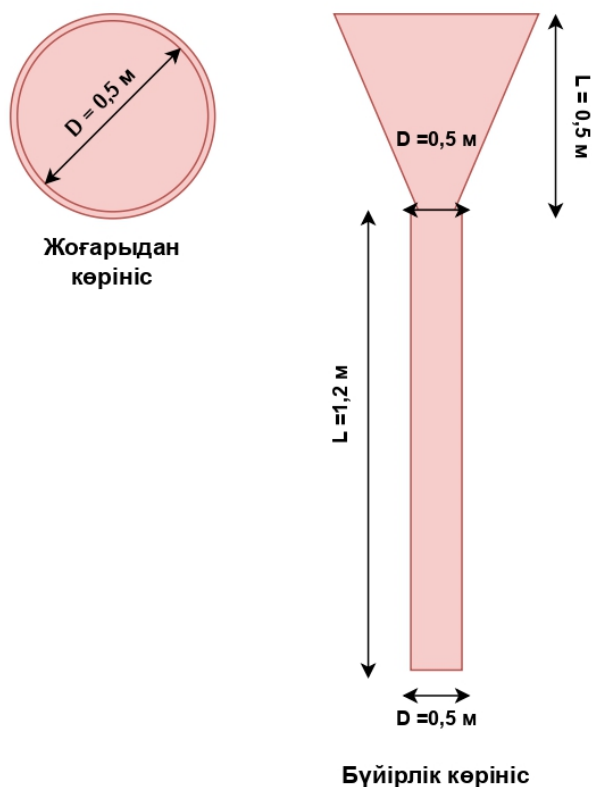


### 6.3.2 Құрылыс алаңында ҰТӨНБ қабылдау

ҰТӨНБ түсірер алдында автобетон тасушыда 2-3 минут ішінде ең жоғары айналымда араластыру қажет. Бетонның қозғалғыштығын жоғалтуға әкелетін жағдай туындаған кезде (автобетон тасығыш объектіге барар жолда сынған, құрылымның құюға дайын болмауына байланысты бетонды қабылдау кешіктіріледі) «Бетонға арналған қоспа/су» ерітіндісін келесі қатынаста дайындау арқылы ұтқырлықты қалпына келтіруді қамтамасыз ету: 10 литр ерітіндіге – 2 литр қоспа – 8 литр су. Бетон өсінділерінен, бөгде заттардан, мұздан, судан қалыптарды тазалау керек, қалыптарды біркелкі және қалыптың бүкіл бетінде майлау керек, дұрыс құрастыру және орнату арқылы қалыптың нығыздығын қамтамасыз ету керек. Егер құрастыру құралдары бойынша қалыптың герметикалығын қамтамасыз ету мүмкін болмаса, төсемдер, монтаж көбігі және т. б. арқылы қоспаны герметикалауды жүргізу қажет.

### 6.3.3 ҰТӨНБ төсеу

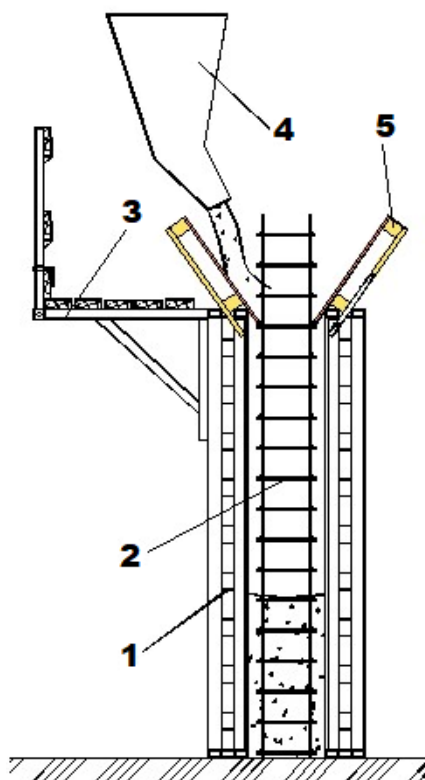
Бетонның еркін құлау биіктігі 1 м-ден аспайтындай етіп құрылымға бетон құюды қамтамасыз ету қажет.:



20 Сурет - ӨНБ беру үшін шұңқыр

- ҰТӨНБ беру үшін шұңқырды пайдалану (20-шы сурет бойынша);

- нысанды бетон таратқыштың («туфелька») құралдары бойынша жоғарыда аталған құрылғылармен қамтамасыз ету мүмкін болмаған жағдайда, бетон қоспасының 1 м-ден астам биіктіктен күрт төмендеуін қоспағанда, құрылымның қабырғалары бойынша қоспаның ағынын қамтамасыз ету: кранның көмегімен бетон таратқыш («туфелька», бүйірден түсіретін қауырсын) қалыптың шетіне (қалыптың қабырғасына) жіберіледі және бетонды түсіру жүргізіледі (23 сурет бойынша) не алынбалы фанера науалары орнатылады және қоспаны беру оларға жүргізіледі;

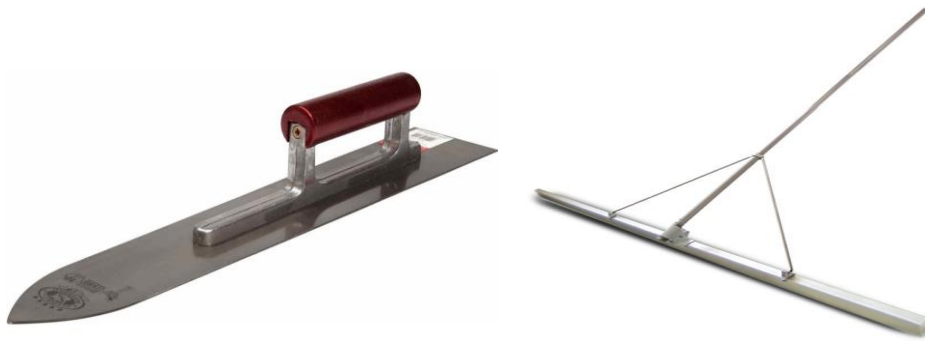


1 - қалып қалқаны; 2 - шығарылымдары бар арматуралық қаңқа; 3 - бетондауға арналған тіректер; 4 - бүйірден түсірілетін қауырсын; 5 - алынбалы фанера науалары

21 сурет. ҰТӨНБ-ны фанера науаларының көмегімен бағанға құю

- бетон қоспасын құрылымның шағын ауданымен (2 м<sup>2</sup> дейін) бетонды тегістеуді қамтамасыз ету (21-ші сурет бойынша);

- көлденең конструкцияларда қоспаны беру қалыптың түбіне мүмкіндігінше жақын ұйымдастырылсын;



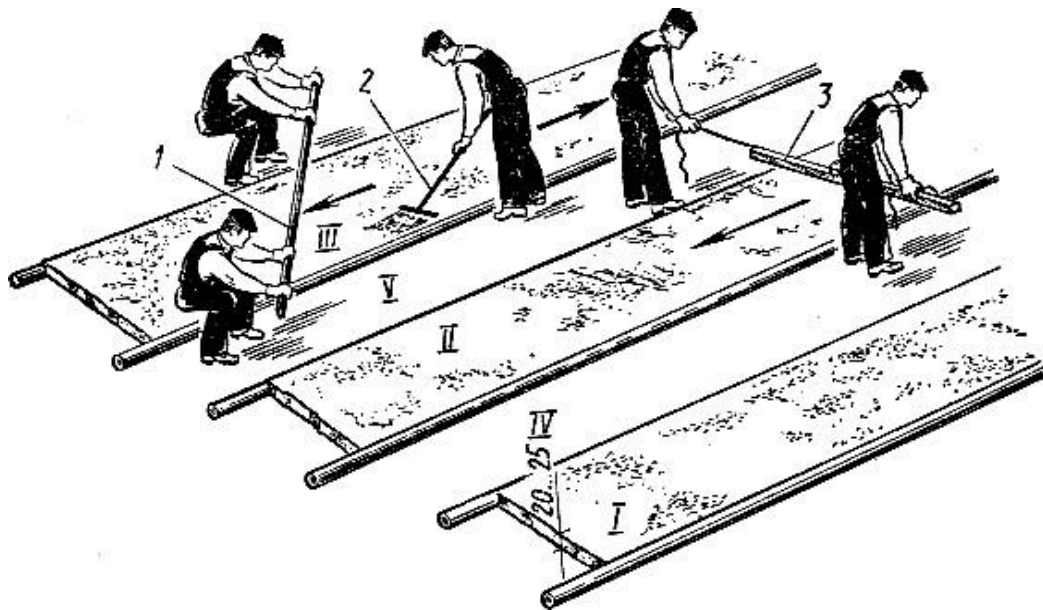
22 сурет. Бетон тегістегіштер

- егер құрылымның ені модификацияға мүмкіндік берсе, көлденең құрылымның бетіне тегістеу тақтасын орнатылады (22 сурет бойынша);



23 сурет. Тегістеу тақтасын орнатудың мысалы

- немесе кез-келген көрсетілген әдіспен теңестіріледі (23 суретті қараңыз). ҰТӨНБ дірілді қажет етпейді.



1 – тәртібі, 2 – тырмалау, 3 – діріл аспабы, I-V – Толтыру кезегі

24 сурет. Бетон қоспасын тегістеу әдістері

### 6.3.4 Күтім

ҰТӨНБ күтімі қарапайым ауыр бетонға күтім жасаумен салыстырылады:

- жазда  $30^{\circ}\text{C}$  және одан жоғары температурада қатайған бетонды ылғалдандыру арқылы беріктік жиынтығын қамтамасыз ету қажет. Бетонды ылғалдандыру күйдірілген құрылымның бетіне суды бүрку арқылы (жаңа төселген бетонның шайылып кетуіне жол бермеу үшін) қатаюдың алғашқы 3-5 күнінде жүзеге асырылады. Құю сәтінен бастап 8-12 сағаттан кейін бүркуге мүмкіндік береді. Ылғалданғаннан кейін құрылымды ылғалдың булануына жол бермеу үшін пленкамен жабу немесе бетондағы ылғалдың булануын болдырмау үшін арнайы қорғаныс ерітінділерін қолдану ұсынылады;

- қыста бетонды жылытуды қамтамасыз ету қажет. Жылыту әдісін таңдау нормативтік құжатқа сәйкес жүзеге асырылады.

- конструкцияларда ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетонға төтеп беру жылу оқшаулау талаптары мен қалыптарды алып тастау және бетонға күтім жасауды тоқтату кезінде рұқсат етілген температура айырмашылықтары сақтала отырып, діріл бетонға ұқсас түрде жүзеге асырылады.

- бетонға төтеп беру кезіндегі басқа жұмыстар кешені монолитті және құрама темірбетон конструкцияларын жасау кезінде бетон жұмыстарын өндіруге арналған технологиялық тәртібтің талаптарымен айқындалады.

- бетонға күтім жасау жобалық жаста бетонның барлық нормаланған сапа көрсеткіштеріне жетуін қамтамасыз етуі керек.

- бетонға төтеп беру және күтім жасау кезінде бетонға күтім жасау үшін пленка түзейтін материалдарды қолдану ұсынылады. Пленка түзейтін материалдар пневматикалық құралдың, бүріккіш пистолеттердің, материалды өндіруші ұсынған ағынмен балық аулау шыбықтарының көмегімен таратылады. Қалыңдығы шамамен 0,3-0,5 мм қабаты бар пленка түзетін материалдың бетіне біркелкі таралуын және сапалы пленка жабынының қалыптасуын қамтамасыз ету қажет. Болашақта бетонмен монолитті байланыста болатын бетон бетіне пленка түзетін материалдарды, сондай-ақ егер қалыптасқан пленканы кейінгі бетон жұмыстарының алдында толығымен алып тастау мүмкін болмаса, буындардың элементтеріне жағуға тыйым салынады.

- бетонда қалыптасқан пленка түзейтін жабынның тұтастығын 70% маркалы беріктігі бар жиынтыққа дейін бұзуға жол берілмейді.

- құрылымның жекелеген бөлімдерінде пленка түзейтін материалдың көмегімен күтім жасау мүмкін болмаған жағдайда, ылғалданатын шүберек, тоқыма емес синтетикалық материалдар немесе сумен үнемі суару арқылы ылғал күтімді қамтамасыз ету қажет. Бетонның беткі температурасы мен судың температурасы арасындағы айырмашылық 10 °С-тан аспауы керек.

- пластикалық шөгу салдарынан жарықтар пайда болған кезде бетті үтіктегіштердің немесе жеңіл діріл рейкалардың көмегімен қайта өңдеуге рұқсат етіледі.

- бетон күтімі бойынша іс-шаралар бетон күтімі журналында жазылады.

- сыртқы ауаның орташа тәуліктік температурасы 5 °С-тан төмен және ең төменгі тәуліктік температурасы 0 °С-тан төмен болған кезде ашық ауада бетондалатын конструкциялар мен құрылыстарда төселген бетонға төтеп беру жөнінде арнайы шаралар қабылдау қажет.

## **6-тарау бойынша қорытындылар**

6 тарауда ҰТӨНБ қолданудың технологиялық артықшылықтары анықталды және талдау жүргізілді:

- күрделі және нығыз арматураланған конструкцияларда құю үшін қолдану мүмкіндігі.

- өндіріс орнынан едәуір алыс жерлерде қолдану мүмкіндігі.

- өздігінен нығыздалатын бетондарды қолдана отырып, құрылыс жұмыстарын жүргізуге жұмсалатын энергия шығынын азайту.

- ӨНБ төсеу үшін еңбек шығындарын азайту.

- қайта құру немесе құрылыс уақытын азайту.

- ең жоғары сапалы беті бар бетон бұйымдарын өндіру.

1 м<sup>3</sup> мөлшерінде стандартты ауыр бетон мен ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалған бетонның өзіндік құны есептелді. Сондай-ақ, ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетонды қолданудың экономикалық тиімділігі есептелген. Ұқсас маркалы стандартты тауарлық бетонымен салыстыру жүргізілді - М400, В30. Есептеу нәтижелері бойынша деректер алынды, оған

сәйкес бір конструкцияға 4475 тг ҰТӨНБ қолдану кезінде үнемдеу.  
Есептеулер ҰТӨНБ қолданудың экономикалық орындылығын дәлелдеді.  
ҰТӨНБ төсеу және күту бойынша ұсыныстар әзірленді және ұсынылды.

## ҚОРЫТЫНДЫ

### Диссертациялық зерттеулердің нәтижелері бойынша қысқаша тұжырымдар

Бұл ғылыми жұмыста өздігінен нығыздалатын ұсақ түйіршікті бетондар өзекті тақырып көтерілді. Зерттеу нәтижелері бойынша қолда бар тәжірибені жалпылау арқылы ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетонның құрамын таңдау кезіндегі проблемалар мен міндеттер талданды және анықталды. Зерттеу нәтижелері мынандай қорытындыға әкелді:

- уақыт өте келе қоспаның қозғалғыштығын арттырып, сақтап қана қоймай, сонымен қатар суды сақтайтын қасиеттері бар кешенді химиялық қоспаны қолдану туралы;

- сегрегацияны болдырмау үшін минералды қоспаны қолдану қажет, ол қоспа суды ұстап тұру әсерін тудырады және байланыстырғыш затпен әрекеттескенде қатпарлануға жол бермейтін күшті кристалдық байланыстар түзеді;

- ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетонның құрамын дұрыс жобалау үшін сапалы конгломерат пен қажетті физикалық-техникалық сипаттамаларды алу үшін шикізат компоненттерін егжей-тегжейлі зерделеу қажет.

Сондай – ақ, МЕМСТ 30515-2013 «Цемент» нормативтік құжаттарын қолдана отырып, шикізат базасы зерттелді. Жалпы техникалық шарттар», МЕМСТ 25192-2012 «Бетондар. Жіктеу. Жалпы техникалық талаптар», МЕМСТ 30744-2001 «Цементтер. Полифракциялық құмды пайдалана отырып сынау әдістері», МЕМСТ 8736-2014 «Құрылыс жұмыстарына арналған құм. Техникалық шарттар», МЕМСТ 24211 – 2008 «Бетондар мен ерітінділерге арналған қоспалар. Жалпы техникалық шарттар». Шикізат базасын зерделеу нәтижелері бойынша Құрамды жобалауда қолдануға материалдар бекітілді:

- Байланыстырғыш (цемент)-ЦЕМ II/A-III 42,5 Н, «HeidelbergCement» («Бұқтырма цемент компаниясы» ЖШС);

- құм – «Марк» карьері, 2,49 ірілік модуль;

- қоспа түрі - EZCON-HPA(3) поликарбоксилат эфирлеріне негізделген;

- су, МЕМСТ 23732-2011 нормативтік құжатына сәйкес (EN 1008:2002, NEQ) (EN 206-1:2000, NEQ) «Бетондар мен ерітінділерге арналған су. Техникалық шарттар».

Талдау және зертханалық зерттеулер негізінде ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетон қоспасы 680-700 мм (SF 2) конустық жайылымлыққа, байланыстырғыштыққа (9-12 секундтық шұңқырдың аяқталу уақыты (VF 2), деламинация ≤15 пайыз (SR 2) болуы керек екендігі анықталды.

Зертханалық сынақтардың нәтижелері бойынша одан әрі түзете отырып, құрамды теориялық іріктеу жүргізілді. Құрылыс алаңы жағдайында құрамды нақты қолдануға толық бағалау және дайындау үшін өндірістік сынақтан өткізу жүргізілді, ол әзірленген құрамды қолдану мүмкіндігі мен тиімділігін дәлелдеді. Әртүрлі қатаю жағдайларындағы беріктік сипаттамаларының

көрсеткіштері бағаланады жылу-ылғалдылық өңдеу, қалыпты және табиғи жағдайлар.

Тауарлық бетон өндірісі бойынша технологиялық желілердің ағымдағы жай-күйіне талдау жүргізілді және ҰТӨНБ-ды табысты өндіру үшін өндірістік желілерді өзектендіру әдістері мен кезеңдері айқындалды.

Құрылыс жұмыстарында ҰТӨНБ қолдану кезінде технологиялық артықшылықтар болып табылатын факторларға талдау, сондай-ақ материалдың осы түрін қолданудың экономикалық орындылығын есептеу жүргізілді. Құрылыс алаңының нақты жағдайларында ҰТӨНБ -ды төсеу және күту бойынша ұсыныстар әзірленді.

#### **Қойылған міндеттердің шешімдерінің толықтығын бағалау**

Осы жұмыста қойылған міндеттер толық көлемде шешілді. Нормативтік құжаттардың талаптарына және қажетті физикалық-техникалық сипаттамаларға сәйкес келетін ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетон қоспасы алынды. М400 маркалы В30 класты ҰТӨНБ құрамы сәтті әзірленді, оны өндірістік тексеру жүргізілді, бұл құрылыс саласында қолдану мүмкіндігін дәлелдейді.

**Нәтижелерді нақты пайдалану бойынша ұсыныстар мен бастапқы деректер.**

Жұмыста ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетонды төсеу мен күтудің технологиялық ерекшеліктері қарастырылған. 4-тарауда өндірушілер мен құрылыс салушыларға ҰТӨНБ -ды жұмыста пайдалануға мүмкіндік беретін ҰТӨНБ -ды қолданудың нақты нұсқаулары бар. Тұжырымдалған ұсыныстар негізінде мыналарды бөліп көрсетуге болады:

- ҰТӨНБ құю кезінде шұңқырды немесе құрылымдағы қоспаның ағымын қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін басқа патенттелген құралдарды қолданыңыз;

- қалыптың тазалығы мен нығыздығына назар аударыңыз, бұл А1 класына сәйкес келетін бетонның бетін қоспа қайта бөлусіз қамтамасыз етуге мүмкіндік береді;

- құйылған бетонды тегістеу кезінде сүрткіш, дірілдеткіш немесе тегістеу тақтасы түрінде арнайы құралдарды қолданыңыз.

Жоғарыда келтірілген ұсыныстар айтарлықтай экономикалық және уақытты қажет етпейді және оларды сақтау ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалған бетонды сәтті қолдануға мүмкіндік береді.

#### **Енгізудің техникалық-экономикалық тиімділігін бағалау.**

Ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын ӨНБ қолданудың техникалық-экономикалық тиімділігі есептелген. 1 м<sup>3</sup> мөлшерінде стандартты ауыр бетон мен ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалған бетонның өзіндік құны есептелді. Сондай-ақ, ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетонды қолданудың экономикалық рентабельділігі есептелген. Ұқсас маркалы стандартты тауарлық бетонымен салыстыру жүргізілді - М400, В30. Есептеу нәтижелері бойынша деректер алынды, оған сәйкес бір конструкцияға 4475 тг ҰТӨНБ



қолдану кезінде үнемдеу. Есептеулер ҰТӨНБ қолданудың экономикалық орындылығын дәлелдеді.

**Осы саладағы үздік жетістіктермен салыстырғанда орындалған жұмыстың ғылыми деңгейін бағалау.**

Орындалған жұмыстың ғылыми деңгейін бағалау Қазақстан Республикасында және әлемде ұсақ түйіршікті өздігінен нығыздалатын бетонды қолдану бөлінісінде қолда бар деректер негізінде жүргізілді. Осы талдау нәтижесінде жұмыстың ғылыми деңгейі жеткілікті жаңалыққа ие және тұтастай алғанда қарастырылып отырған тақырып бойынша даму мен зерттеулерге бейім әлемдік тенденцияларға сәйкес келетіні анықталды.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Пат. 5227 Республика Казахстан. Смесь для приготовления самоуплотняющегося бетона / Утепов Е.Б., Ахметов Д.А., Роот Е.Н., Пак В.Е.; – 2020/0299.2; заявл. 20.03.20; опубл. 30.07.20 г., Бюл. №30. – 5 с.
- 2 Пат. 3764 Республика Казахстан. Состав для приготовления самоуплотняющегося бетона / Зорин В.Ю., Ахметов Д.А., Роот Е.Н., Утепов Е.Б.; – 2019/0080.2; заявл. 28.08.17; опубл. 15.03.19 г., Бюл. №11. – 3 с.
- 3 Пат. 2810 Республика Казахстан. Способ укладки самоуплотняющегося бетона (Варианты) / Нургожин К.Ж., Ахметов Д.А., Роот Е.Н., Утепов Е.Б.; – 2017/0559.2; заявл. 20.01.17; опубл. 28.08.17 г., Бюл. №11. – 1 с.
- 4 Пат. RU2649996C1 Российская Федерация. Мелкозернистая бетонная смесь / Балыков А.С., Низина Т.А.; опубл. 06.04.18 г., Бюл. № 10. – 2 с.
- 5 Ахметов Д.А., Роот Е.Н. Опыт применения самоуплотняющихся бетонов в строительной индустрии Республики Казахстан // Молодой учёный. – 2017. – № 48 (182). – С.11–14. ISSN 2072–0297.
- 6 Производство бетона в Казахстане лучшее за последние 6 лет. URL: <https://beton.ru/news/detail.php?ID=443564> (дата обращения: 10.02.2022).
- 7 Okamura H., Ouchi M. Self-Compacting Concrete // Journal of Advanced Concrete Technology. Rev – 2003. – Vol. 1, № 1. – P.5–15. ISSN 1347–3913.
- 8 Пантелеева В. С. Особенности строительства и конструкции Акаси-Кайкё // Молодой ученый. 2020. – №22 (312). – С.173-174. ISSN 2072–0297.
- 9 Самоуплотняющийся бетон – эффективный инструмент в решении задач строительства <https://allbeton.ru/article/36.html> (дата обращения 10.02.2022).
- 10 Collepardi M. Superplasticized Concrete / M. Collepardi, M. Corradi, M. Valente // Pubblicato su.
- 11 Collepardi M. Recent Developments in Superplasticizers / M. Collepardi, M. Valente // the 8th International Conf. on.
- 12 Collepardi M. SelfCompacting concrete // Proc. IV International Conference. Ottawa (Canada), 2004. p. 13,19.
- 13 Collepardi. Admixtures-Enhancing concrete performance // 6th International Congress, Global Construction, Ultimate Concrete Opportunities, Dundee, U.K. — 5-7 July 2005.
- 14 Захаров С.А. Оптимизация составов бетонов высокоэффективными поликарбоксилатными пластификаторами // Строительные материалы. 2008. – № 3. – С. 42-44.
- 15 Калашников В.И. Расчет составов высокопрочных самоуплотняющихся бетонов // Строительные материалы. – 2008. – № 10. – С. 4-6.
- 16 Калашников В. И. Через рациональную реологию — в будущее бетонов — от высокопрочных и особовысокопрочных бетонов будущего к суперпластифицированным бетонам общего назначения настоящего // Технологии бетонов. — 2008. — № 1. — С. 22-26.

- 17 Баженов, Ю. М. Технология бетонных и железобетонных изделий: Учебник для вузов / Ю. М. Баженов, А. Г. Комар. - М.: Стройиздат, 1984.-672 с.
- 18 EG SCC European Guidelines for Self-Compacting Concrete. Specification, Production and Use, 2005. 68 p.
- 19 <http://www.vestaing.ru> 10.2012г. Методические рекомендации по применению особо тонкодисперсного вяжущего (ОТДВ) «Микродур» для инъекционного восстановления бетонных, железобетонных и каменных конструкций.
- 20 Калашников В. И. Через рациональную реологию — в будущее бетонов — От высокопрочных и особовысокопрочных бетонов будущего к суперпластифицированным бетонам общего назначения настоящего // Технологии бетонов. — 2008. — № 1. — С. 22-26.
- 21 Калашников В. И. Через рациональную реологию — в будущее бетонов. Виды реологических матриц в бетонной смеси, стратегия повышения прочности бетона нового поколения // Технологии бетонов. — 2007. — №6. — С. 8-11.
- 22 Калашников, В. И. Перспективы использования реакционно-порошковых сухих бетонных смесей в строительстве // Строительные материалы. - 2009. - №7.-С. 59-62.
- 23 Каприелов С. С., В. Г. Батраков, А. В. Шейнфельд. Модифицированные бетоны нового поколения: реальность и перспектива // Бетон и железобетон. — 1999. — №6 (501). — С. 6-10
- 24 Каприелов С.С., Травушин В.И., Карпенко Н.И., Шейнфельд А.В., Кардумян Г.С. Модифицированные высокопрочные бетоны классов В80 и В90 в монолитных конструкциях Часть II // Строительные материалы. 2008. №3. С. 9-13.
- 25 Каприелов, С.С. Модифицированные высокопрочные бетоны классов В80 и В90 в монолитных конструкциях / С.С. Каприелов, В.И. Травуш, Н.И. Карпенко, А.В. Шейнфельд, Г.С. Кардумян, Ю.А. Киселева, О-В. Пригоженко // Строительные материалы.2008. №3.
- 26 Каталог основных строительно-технических свойств цементов. М.: ОНИЛ «Цемент», 1990. 220 с.
- 27 Schmidt M. et al. Ultra-Hochfester Beton: Perspektive fur die Betonfertigteil industrial // Betonwerk+Fertigtal-Technik. — 2003. — № 3. —S. 16-29.
- 28 Баженов Ю.М. Технология бетона. - М.: Изд-во АСВ, 2002 - 500 стр.
- 29 Кондауров П.А. Применение самоуплотняющегося бетона в строительстве // <http://www.bssm.ru/articles/read.php?ID=2071>.
- 30 Кучеренко, А. А. Порошковая технология бетона // Технологии бетонов. - 2008. - №12, с.42-43 : табл.; Технологии бетонов. - 2009. - № 1, с.58-60

- 31 Микульский В.Г., Горчаков Г.И., Козлов В.В., Куприянов В.Н., Орендлихер Л.П., Рахимов Р.З., Сахаров Г.П., Хрулев В.М. Строительные материалы / Под ред. В.Г. Микульского. - М.: АСВ, 2007. -687 с.
- 32 Баженов Ю.М. Многокомпонентные мелкозернистые бетоны // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. - 2001 -№ 10. - С. 24.
- 33 Несветаев Г. В. О методологии оценки эффективности добавок для самоуплотняющихся бетонов // Дни современного бетона: Материалы X Международной научн,- практ. конф. 28-30 мая. Запорожье, 2008. С. 111-118.
- 34 Несветаев Г. В. Технология самоуплотняющихся бетонов // Строительные материалы. 2008. № 3. С. 24-28
- 35 Несветаев Г.В. Эффективность применения суперпластификаторов в бетонах // Строит, материалы. № 10. 2006. С. 23-25.
- 36 Несветаев Г.В., Давидюк А.Н. Влияние некоторых гиперпластификаторов на пористость, влажностные деформации и морозостойкость цементного камня // Строит, материалы. 2010. № 1. С. 44-46.
- 37 Несветаев Г.В., Давидюк А.Н. Самоуплотняющиеся бетоны: модуль упругости и мера ползучести // Строит, материалы. 2009. № 6. С. 68-71.
- 38 Несветаев Г.В., Давидюк А.Н., Хетагуров Б.А. Самоуплотняющиеся бетоны: некоторые факторы, определяющие текучесть смеси // Строительные материалы. - 2009, №3. - с.54 - 57. Обзор рынка нерудных строительных материалов. База данных// ИА "ЮТОБпе" 2007г. Строительства // <http://www.allbeton.ru/article/36/13.html>.
- 39 Ратенов В.Б. Комплексные добавки для бетонов/ Т.И. Розенберг, Г.Д. Кучерова// Бетон и ж/б. 1981. №9
- 40 Розенталь, Н. К. Защита бетона на реакционноспособном заполнителе от внутренней коррозии соединениями лития // Строительные материалы. -2009.-№3.-С. 68-71
- 41 Федосов С.В, Акулова М.В., Щепочкина Ю.А., Анисимова Н.К. Моделирование тепловых процессов в бетоне при термообработке // Современные проблемы строительного материаловедения: Материалы шестых академических чтений РААСН. - Иваново: Ивановская ГАС А, 2000.- С. 540-542.
- 42 Хрулев В.М. Технология и свойства композиционных материалов для строительства// В.М. Хрулев Уфа: Изд-во ГАУ, 2001.- 166 с.
- 43 Шейнич Л. А. Высокопрочные бетоны для монолитного домостроения // Л. А. Шейнич, П. В. Попруга //Буд1вельш конструцк 36. наук, праць. — К.: НД1БК, 2007. —С. 311-314.
- 44 Бурьянов А.Ф. Эффективные гипсовые материалы и изделия с использованием ультрадисперсных алюмосиликатных добавок и углеродных наномодификаторов: Дис. д.т.н. Москва. 2012. -300 с.
- 45 Лесовик В.С., Чулкова И.Л. Управление структурообразованием строительных композитов: Монография. Омск. СибАДИ, 2011. -462 с.

- 46 Горшков В.С. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений: учебник для вузов по спец. «Хим.технология тугоплав. неметал. и силикат, материалов» / В.С. Горшков, В.Г. Савельев, Н.Ф. Федоров. - М.: Высш.школа, 1988. - 400 с.
- 47 Бутт Ю.М. Химическая технология вяжущих материалов: учебник для вузов /Ю.М. Бутт, М.М. Сычев, В.В. Тимашев. - М.: Высш.школа, 1980 - 472 с.
- 48 Белов В. В. Управление структурой и свойствами композиций для изготовления строительных материалов с учетом действия капиллярного сцепления в дисперсных системах: Дис. д.т.н. Тверь. 2003. -400 с.
- 49 Зайченко Н. М., Сахошко Е. В., Назарова А. В. Высокопрочные мелкозернистые бетоны с добавкой органо-минерального модификатора на основе конденсированного микрокремнезема стахановского завода ферросплавов // Современные проблемы строительства: ежегод. науч.)техн. сб. — 2006. — № 4(9). — Донецк: Донецкий ПромстройНИИпроект. — С. 215-221.
- 50 Моргун Л.В. Ячеистые бетоны оптимальной структуры // Изв. вузов. Строительство. 2000. -№1. - С. 50-53.
- 51 Кондратьев В.В., Морозова Н.Н., Хозин В.Г. Структурно-технологические основы получения сверхлегких пенобетонов // Строительные материалы. -2002. -№11. С. 35-37.
- 52 Сулейманова Л.А., Лесовик В.С., Сулейманова А.Г. Неавтоклавные газобетоны на композиционных вяжущих. Монография. Белгород. 2010. -150 с.
- 53 Рахимбаев Ш.М. Реологические свойства пеноцементных систем с добавкой аниционного пенообразователя [Текст] / Ш.М. Рахимбаев, Л.Д. Шахова, Д.В. Твердохлебов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. - 2003. -№4.-С. 6-14.
- 54 Лотов В.А. Регулирование реологических свойств газобетонной смеси различными добавками [Текст] / В.А. Лотов, Н.А. Митина // Строительные материалы. - 2002. - № 10. - С. 12-15.
- 55 Петропавловская В.Б. Использование техногенных гипсосодержащих отходов в безобжиговых прессованных композитах. Дис. к.т.н. Красково. 2005. -180 с.
- 56 Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высококачественные бетоны / Научное издание.- М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 368 с.
- 57 Kordts, S.: Herstellung und Steuerung der Verarbeitungseigenschaften selbstverdichtender Betone; Dissertation, Berlin, 2005.
- 58 Schmidt, M.; Geisenhansluke, C.: Optimierung der Zusammensetzung des Feinstkorns von Ultra-Hochleistungs- und von Selbstverdichtendem Beton. Beton, Heft 5, 2005.

- 59 Schmidt, M.; Teichmann, T.: Optimierung der Betonzusammensetzung für Beläge mit dauerhaften Oberflächeneigenschaften. Seminarbeiträge, Weiterbildungsveranstaltung Betonbeläge als Verkehrsflächen, Wildegg, 2006.
- 60 <http://www.nsp.su/useful/article/new403/a143/>
- 61 Reschke, T.; Siebel, E.; Thielen, G.: Einfluss der Granulometrie und Reaktivität von Zement und Zusatzstoffen auf die Festigkeits- und Gefügeentwicklung von Mörtel und Beton, Beton, 1999, Heft 12, S. 719-724 und Beton, 2000, Heft 1, S. 47-50
- 62 Freimann, T.: Einfluss von Steinkohleflugaschen auf das Theologische Verhalten von Zementleimen und -mörteln; Berichte aus dem Institute für Baustoffe, Heft 1, 2002.
- 63 <http://www.mc-bauchemie.ru>, 07.2012 г.
- 64 Европейский нормативный документ по самоуплотняющемуся бетону: DAfStb-Richtlinie Selbstverdichtender Beton (SVB-Richtlinie). Ausgabe November 2003.
- 65 Andreasen, A.H.M., Andreasen, J.: Über die Beziehung zwischen Kornabstufung und Zwischenraum in Produkten aus losen Körnern (mit einigen Experimenten), Kolloid-Zeitschrift, Nr. 50, 1930, S. 217. 228.
- 66 De Larrard, F., Sedran, T.: Mixture-proportioning of high-performance concrete; Cement and Concrete Research, Nr. 32, 2002, S. 16991704.
- 67 Stark, J., Wicht, B.: Anorganische Bindemittel - Zement, Kalk und spezielle Bindemittel; Schriften der Bauhaus-Universität Weimar, Band 109, Weimar, 1998.
- 68 Schmidt, M., Avak, R.: Beton und Betonstahl - Praxishandbuch 2005, Sonderdruck aus Stahlbetonbau aktuell; Bauwerk Verlag, Berlin, 2005.
- 69 Teichmann, T., Schmidt, M.: Influence of the packing density of fine particles on structure, strength and durability of UHPC, Ultra High-Performance Concrete (UHPC); Structural Materials and Engineering Series, International Symposium on UHPC, Kassel, 2004.
- 70 <http://www.basf.ru/ecp2/RussianFederation/ru/Product-finder/index>, 08.2012 г.
- 71 Баженов Ю.М. Технология и свойства мелкозернистых бетонов // Алимов А.А., Воронин В.В., Р.Б. Ергемев - Алматы - М.: Изд-во АСВ, 2000 - 196 с.
- 72 Баженов Ю.М., Магдеев У.Х., Алимов Л.А., Воронин В.В., Гольденберг Л.Б. Мелкозернистые бетоны/Учебное пособие. - М.: МГСУ, 1998, - 148 с.
- 73 Астафьев Я.В. Технология получения и основные свойства бетонов из самоуплотняющихся смесей на основе напрягающего цемента: Автореф. Диссертации канд. техн. наук. Брест - 2006. 23 с.
- 74 Сайт Heidelbergcement Kazakstan. URL:<https://kz.heidelbergcement.com/ru> (дата обращения 08.08.2022).
- 75 Сайт StandardCement. URL:<http://standard-cement.com/> (дата обращения 08.08.2022).

- 76 Сайт JambylCement. URL:<https://www.jambylCement.kz/ru> (дата обращения 08.08.2022).
- 77 Central Asia Cement. URL:<https://cac.kz/about/history/> (дата обращения 08.08.2022).
- 78 ГОСТ 30515 – 2013. Цементы. Общие технические условия. – Введ. 2014-10-13. – М.: Стандартинформ, 2019. – 42 с.
- 79 Коровкин М.О., Короткова А.А., Ерошкина Н.А., Саденко С.М. Влияние доменного гранулированного шлака на свойства мелкозернистого самоуплотняющегося бетона //Инженерный вестник Дона, №8 – 2021. ISSN 2073-8633.
- 80 Weiguo Shenabc, Zheng Zhanga, Jiangwei Lid, Zhenghao Lie, Zhongwen Wangf, Lianghong Caof, Guocheng Rongf, Miaomiao Wua, Deqiang Zhaoa, Zhicheng Zhaoa. Experimental investigation on the high-volume fly ash ecological self-compacting concrete //Journal of Building Engineering, Vol. 60 – 2022.
- 81 ГОСТ 30744 – 2001. Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка. – Введ. 2015-11-01. – М.: Стандартинформ, 2002. – 31 с.
- 82 А. А. Макаева. Влияние длительности помола цемента на его основные свойства. Оренбург. 2005 – С. 4-15.
- 83 ГОСТ 8736 – 2014. Песок для строительных работ. Технические условия. – Введ. 2015-11-01. – М.: Стандартинформ, 2019. – 11 с.
- 84 ГОСТ 8735 – 88. Песок для строительных работ. Методы испытаний. – Введ. 1989-07-01. – М.: Стандартинформ, 2018. – 34 с.
- 85 Роот Е.Н. 2017, Нурпеисов С. К. Влияние физико-технических характеристик мелкого заполнителя на свойства самоуплотняющихся бетонов // Сборник КазГАСА – 2017. - №3(65) – С.168-172
- 86 Материалы XIII Международной научно-технической конференции молодых учёных, посвященная памяти профессора В.И. Калашникова Пенза 2018, Теория и практика повышения эффективности строительных материалов: материалы XIII Международной научно-технической конференции молодых учёных, посвященной памяти профессора В.И. Калашникова // под общ. ред. М.О. Коровкина и Н.А. Ерошкиной. – Пенза: ПГУАС, 2018.– 188 с.
- 87 Okamura H., Ouchi M. Self-Compacting Concrete // Advanced Concrete Technology. – 2003, Vol. 1 – №. 1
- 88 <https://rus.sika.com/ru/stroitelstvo/dobavki-v-beton/zhelezobetonnye-izdeliya/51118/51124/sika-viscocrete-5ffc.html>. 10.02.2023.
- 89 <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://basfsolution.com/files/MasterGlenium128.pdf>. 10.02.2023
- 90 <http://m-builders.kz/glenium115/>. 10.02.2023
- 91 <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://assets.master-builders->

solutions.com/ru-  
ru/tds%20mastermatrix%20100%20%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%  
B8%D1%8F.pdf. 10.02.2023

92 <https://www.a-fence.ru/katalog/stroitelnaia-khimiia/dobavki-v-beton/superplastifikator-dlia-samouplotn-sia-betonov-poliplast-sp-sub>. 10.02.2023

93 chrome-  
extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://polyplast-  
un.ru/upload/iblock/686/686aa238102efb4b219a262cef408fb0.pdf. 10.02.2023

94 <https://demo.kgchem.kz/product-category/%D1%81%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D1%83%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5-ezcon-hpa-%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%8F-high-performance-auto-filling/>. 10.02.2023

95 ГОСТ 30459 – 2008. Добавки для бетонов и строительных растворов. Определение и оценка эффективности. – Введ. 2010-09-04. – М.: Стандартинформ, 2010. – 18 с.

96 ГОСТ 7473 – 2010. Смеси бетонные. Технические условия. – Введ. 2011-02-22. – М.: Стандартинформ, 2018. – 24 с.

97 ГОСТ 10181 – 2014. Смеси бетонные и методы испытаний. – Введ. 2015-11-01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 28 с.

98 ГОСТ 10180 – 2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – Введ. 2013-07-01. – М.: Стандартинформ, 2019. – 36 с.

99 Баженов Ю.М., Воронин В.В., Алимов Л.А., Бахрах А.М., Ларсен О.А., Соловьев В.Н., Нгуен Дык Винь Куанг. Высококачественные самоуплотняющиеся бетоны с использованием отходов сжигания угля // Вестник МГСУ. – 2017 – № 12 (111). – С.1385–1391. DOI: 10.22227/1997–0935.2017.12.1385–1391.

100 Федюк Р.С., Мочалов А.В., Пезин Д.Н., Тимохин Р.А. Самоуплотняющиеся бетоны с применением отходов растениеводства // Научный рецензируемый журнал "Вестник СибАДИ". – 2018 – № 2. – ISSN 2071–7296.

101 Feldman R. F. Influence of Condensed Silica Fume and Sand/Cement Ratio on Pore Structure and Frost Resistance of Portland Cement Mortar / reprinted from «Fly Ash, Silica Fume, Slag, and Natural Pouolans in Concrete» Proceedings Second International Conference Madrid, Spain, 1986, ACI, SP – 91 – 47.– Vol. 2. – P. 973 – 989 (IRC Paper No. 1397)

102 Feldman R. F. Pore Structure, Permeability and Diffusivity as Related to Durability / 8th International Congress on the Chemistry of Cement, Rio de Janeiro, Brazil, September 22 – 27, 1986. – P. 1 – 21.

103 Коузов П. А., Скрябина Л. Я. Методы определения физико-химических свойств промышленных пылей, 1983 143 с издательво "Хи«ия" 1983



- 104 ГОСТ 23732 – 2011 (EN 1008:2002, NEQ) (EN 206-1:2000, NEQ). Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия. – Введ. 2014-11-03. – М.: Стандартинформ, 2019. – 16 с.
- 105 Калиновская Н. Н., Котов Д. С., Щербицкая Е. В. Усадочные деформации модифицированного бетона. Причины и способы устранения // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки, №8, 2018. – С.82-87. ISSN 2710-4435.
- 106 ГОСТ 25192 – 2012. Бетоны. Классификация. Общие технические требования. – Введ. 2013-07-01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 10 с.
- 107 Морозов Н.М., Боровских И.В., Хозин В.Г. Оптимизация гранулометрического состава песка для получения высокопрочного тонкозернистого бетона. – Алматы: Известия КазГАСУ, 2008 - С.121-125.
- 108 Hong Jae Yima, Young Hwan Baeb, Jae Hong Kim. Method for evaluating segregation in self-consolidating concrete using electrical resistivity measurements // Construction and Building Materials, Rev,- 2020.
- 109 Abdelouahab G.; Abdelhalim B., Laefer D. Characterising the segregation of self-consolidating concrete using ultrasonic pulse velocity // Journal of the South African Institution of Civil Engineering, Rev,- 2019.
- 110 Saeed Khalooee, Babak Ahmadi, Azadeh Askarinejad, Masoud Nekooei. The effect of cementitious materials paste volume and use of zeolite on the properties of self-compacting concrete // Journal of Concrete Structures and Materials, Rev,- 2019.
- 111 Okamura H. and Ozawa K. (1995). Mix Design for Self-Compacting Concrete, Concrete Library of JSCE, 25. P. 107–120.
- 112 Мозгалева К.М., Головнев С.Г. Самоуплотняющиеся бетоны: возможности применения и свойства // Академический вестник УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН. – 2011. – № 4. – С.70–74. ISSN 2074–2932.
- 113 D. Akhmetov, A. Aniskin, Ye. Uteпов, Ye. Root, G. Kozina. Determination of Optimal Fiber Reinforcement Parameters for Self-Compacting Concretes // Tehnički vjesnik 27. – 2020. – №6 – P.1989–1996. ISSN 1330–3651.
- 114 ГОСТ 25192 – 2012. Изделия бетонные и железобетонные для строительства. Общие технические требования. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения. – Введ. 2014-01-01. – М.: Стандартинформ, 2018 – 27 с.
- 115 D. Akhmetov, S. Akhazhanov, A. Jetpisbayeva, Yu. Pukharenko, Ye. Root, Ye. Uteпов, Akbulat Akhmetov. Effect of low-modulus polypropylene fiber on physical and mechanical properties of self-compacting concrete // Case Studies in Construction Materials – 2022. – №16 (2648) – P.10. ISSN 2214–5095.
- 116 EFNARC: Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete. Farnham, February 2002. 71 стр.
- 117 Федеральное автономное учреждение «Федеральный центр нормирования, стандартизации и оценки соответствия в строительстве». Методическое пособие «Рекомендации по подбору составов бетонных смесей для тяжелых и мелкозернистых бетонов». - Москва: 2016. - 100 с.



Утверждаю  
Генеральный директор ТОО «Темирбетон-1»  
Бискульдгинов А.К.



**Акт  
о производственном внедрении диссертационной работы**

Мы, нижеподписавшиеся, в составе: главный инженер ТОО «Темирбетон» Шаймарданова А.У., начальник лаборатории ТОО «Темирбетон» Маселбек О.К., докторант КазНУТУ имени К.И. Сатпаева Джетписбаева А.Ж., профессор КазНУТУ имени К.И. Сатпаева Акмалайұды К. составили настоящий акт том, что в 2022 году ТОО «Темирбетон-1» была выпущена опытная партия самоуплотняющейся бетонной смеси общим объемом – 30 м<sup>3</sup> следующего состава:

- Портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н – 480 кг/м<sup>3</sup>;
- Микрокремнезем – 80 кг/м<sup>3</sup>;
- Химическая добавка – 5,4 кг/м<sup>3</sup>
- Песок – 1470 кг/м<sup>3</sup>
- Вода – 240 л/м<sup>3</sup>

Качество применяемых материалов соответствовало требованиям действующих нормативов и технических стандартов.

Получены следующие показатели бетонной смеси: распыл обратного конуса – 670 мм (SF 2). Физико-механические характеристики самоуплотняющегося бетона, полученного в результате затвердевания бетонной смеси и определяемое в возрасте 28 суток, составили: средняя плотность в нормальных влажностных условиях – 2180 кг/м<sup>3</sup>, прочность при сжатии – 49,6 МПа.

Приготовленная опытная партия самоуплотняющейся бетонной смеси применялась компанией ТОО «Темирбетон-1» для устройства бетонного монолитного напольного основания производственного помещения площадью – 180 м<sup>2</sup> расположенного на территории ТОО «Темирбетон-1».

Применение самоуплотняющейся бетонной смеси разработанной Джетписбаевой А.Ж. позволила уменьшить затраты труда и времени проведения бетонных работ. При этом отпала необходимость применять дорогостоящие сухие смеси, для укрепления поверхностного слоя бетона. Примененная технология позволила получить экономический эффект размере 4475 тенге на 1 м<sup>3</sup> бетона.

Главный инженер

А.У. Шаймарданова

Начальник лаборатории

О.К. Маселбек

Докторант

А.Ж. Джетписбаева

Профессор

К. Акмалайұды