

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ**  
**AZƏRBAYCAN MEMARLIQ VƏ İNŞAAT UNİVERSİTETİ**

Əlyazma hüququnda

**YUSİFLİ GÜNAY İNTİQAM QIZI**

**ÇOVDAR DAŞININ AKTİV-MİNERAL ƏLAVƏ KİMİ TƏDQIQI**

**İxtisaslaşma: TTM 09.00.01 – “Materialşünaslıq və yeni materialların  
texnologiyası”**

**MAGİSTR DİSSERTASİYASI**

**Elmi rəhbər: k.e.n., dosent Abbasova Səidə İskəndər qızı**

**Bakı-2017**

## MÜNDƏRİCAT

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI .....	4
I FƏSİL. ƏDƏBİYYATLARIN ANALİZİ, ŞƏRHİ, TƏDQIQAT	
İŞİNİN İSTİQAMƏTİ .....	8
1.1. Qarışıq yapışdırıcıların istehsalının aktul məsələləri, tərkibləri və xassələri .....	8
1.2. Aktiv-mineral əlavələr (AMƏ) qarışıq yapışdırıcıların komponenti kimi.....	11
1.3. Narın üyüdülmüş doldurucuların yapışdırıcı maddələrdə rolu .....	14
1.4. Nəticələr və tədqiqatın istiqaməti .....	22
II FƏSİL. MATERIALLAR VƏ TƏDQIQAT ÜSULLARI .....	23
2.1. Xammal və materiallar, onların xüsusiyyətləri.....	23
2.2. Tədqiqat üsulları .....	25
III FƏSİL. ÇOVDAR DAŞININ TERMİKİ EMAL MƏHSULUNUN AKTİV MİNERAL ƏLAVƏ KİMİ TƏDQIQI.....	28
3.1. Çovdar daşının termiki emalı əsasında aktiv-mineral əlavənin alınması.....	28
3.2. Çovdar daşının termiki emalı nəticəsində alınmış aktiv- mineral əlavəyə əhəng və sulfat aktivləşdiricilərinin təsiri.....	31
3.3. Çovdar daşının termiki emal məhsulunun qarışıq yapışdırıcıların	

alınmasında mineral aktiv əlavə kimi tədqiqi.....	37
3.4. Çovdar daşının termiki emal məhsulunun sementin hidratasiyasına və quruluşunun formalaşmasına təsiri .....	45
ÜMUMİ NƏTİCƏLƏR .....	50
Ədəbiyyat.....	52

## İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

**Problemin aktuallığı.** Müasir tikinti sənayesinin vacib məsələlərindən biri xammal və yanacaq-enerji resurslarından rəşional istifadəyə imkan verən ehtiyatlardan səmərəli istifadə texnologiyasının işlənməsi və tətbiqidir.

Mineral əlavələrin sementdə istifadəsi üzrə geniş elmi tədqiqatların aparılmasına baxmayaraq onların sementə qatılması klinkerin kütləsi üzrə cəmi 20-25% təşkil edir. İstifadə olunan əlavələrin nomenklaturası olduqca məhduddur. Ona görə də əlavələrin çeşidinin genişləndirilməsi, mineral xammalların müxtəlif növlərinin axtarılıb istifadə olunma imkanlarının tapılması böyük praktiki əhəmiyyətə malikdir.

Sementin istehsal texnologiyasını əhəmiyyətli dərəcədə dəyişmədən onun keyfiyyətini qaldırmağın perspektiv üsullarından biri sementin hidratasiya prosesinə və sement daşının xassələrinə aktiv təsir edən müxtəlif əlavələrin tətbiqidir. Belə əlavələrdən iqtisadi cəhətdən səmərəli olanı yerli əhəmiyyətə malik təbii materialların, o cümlədən metakaolinin istifadəsidir.

Metakaolin sementlə reaksiyaya girərək modifikasiya olunmuş mikrostruktura malik sement xəmiri formalaşdırır. Bundan başqa, sementin tərkibinə metakaolinin əlavə edilməsi sement sənayesinin ətraf mühitə zərərli təsirini azaltmağa imkan verir. Metakaolinin alınması üçün xammal bazası kimi kaolin gillərindən istifadə olunur. Azərbaycanca kaolin gillərinin ehtiyatı o qədər də çox olmadığından mineral-aktiv əlavə

kimi Çovdar çini daşının termiki emal məhsullarından istifadə edərək sementin xassələrinin yaxşılaşdırması aktualdır.

Bu tədqiqat işinin əsas istiqaməti Çovdar çini daşının termiki emal məhsulunun əlavə edilməsi nəticəsində sement sistemlərinin hidratlaşma temperaturunda, istismar xarakteristikalarında, tutma-bərkimə vaxtında və mexaniki möhkəmliyində hansı dəyişikliklərin yarana biləcəyi, eləcə də sementin mineral əlavə ilə optimal əvəz olunma dərəcəsində 28 günlük bərkimədən sonra betona ən yüksək möhkəmliyin verilməsidir.

**İşin məqsədi** Çovdar çini daşının termiki emal məhsullarının qarışıq yapışdırıcıların tərkibində aktiv-mineral əlavə kimi tədqiqidir.

Qoyulmuş məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı məsələlərin həll edilməsi tələb olunur:

-Çovdar çini daşının aktiv-mineral əlavə kimi tətbiq edilməsi üçün optimal termiki emal rejiminin seçilməsi;

- Optimal rejimdə termiki emal olunmuş Çovdar çini daşının sement sistemlərində aktiv-mineral əlavə kimi tədqiqi;

-Termiki emal olunmuş Çovdar çini daşının mineral-aktiv əlavə kimi tətbiqi ilə alınmış optimal qarışıq yapışdırıcı tərkibinin işlənməsi və xassələrinin tədqiqi;

**Elmi yeniliyi:**

-Çovdar çini daşı əsasında mineral aktiv əlavənin alınmasının mümkünlüyü öyrənilmişdir;

-Çovdar çini daşının termiki emal məhsullarının tətbiqi ilə sıx quruluşlu sement xəmiri alınmış və komponentlər arasında qarşılıqlı əlaqə nəticəsində daha sıx və möhkəm quruluşa malik kristalhidratlar yaranmışdır;

-Çovdar çini daşının termiki emal məhsullarının tətbiqi zamanı sement sistemində fazaəmələgətirmə və möhkəmliyin qanunauyğun artması müşahidə edilmişdir;

-Müxtəlif tədqiqat metodları ilə müəyyən edilmişdir ki, mineral- aktiv əlavənin istifadəsi zamanı struktur əmələgəlmə prosesində sistemdə portlanditin miqdarı azalır, aşağı əsaslı hidrosilikatların miqdarı artır, daha sıx quruluşlu və yüksəkmöhkəmlikliyə malik fazalar əmələ gəlir.

**İşin praktiki əhəmiyyəti.** Çovdar çini daşının termiki emal məhsullarını tətbiq etməklə qarışıq yapışdırıcı tərkibinin işlənməsi məqsədi ilə optimal tərkib alınmış və uyğun texnoloji göstəricilər müəyyən edilmişdir. Alınmış qarışıq yapışdırıcı sementin sərfini əhəmiyyətli dərəcədə azaltmağa imkan verir.

Çovdar çini daşının termiki emal məhsullarının qarışıq yapışdırıcının alınması üçün istifadəsinin mümkünlüyü müəyyən edilmişdir.

**Aşağıdakı məsələlər öyrənilmişdir:**

- Yanma temperaturunun mineral-aktiv əlavənin püskolan aktivliyinə təsiri;
- termiki emal məhsullarının sementin quruluş əmələgətirməsinə təsiri;
- narın dispers Çovdar çini daşının yanma məhsullarının tətbiqi ilə qarışıq yapışdırıcı tərkibinin alınması;
- Çovdar çini daşının termiki emal məhsullarının istifadəsi ilə alınmış qarışıq yapışdırıcının möhkəmlik göstəricilərinin dəyişmə qanunauyğunluqları.

**-Dissertasiyanın aprobasiyası.** İşin əsas məsələləri magistrantların və tələbələrin elmi-praktiki konfransında müzakirə olunub.

**-İşin strukturu və həcmi.** Tədqiqat işi 3 - fəsil, ümumi nəticələr və 66 adda ədəbiyyatdan ibarətdir. Dissertasiya – 60 səhifədən, 6 şəkil və 9 cədvəldən təşkil olunmuşdur.

# I FƏSİL

## ƏDƏBİYYATLARIN ANALİTİK ŞƏRHİ, TƏDQİQAT

### İŞİNİN İSTİQAMƏTİ

#### 1.1. Qarışıq yapışdırıcıların istehsalının aktual məsələləri,

##### tərkibləri və xassələri

Betonun qədim dövrlərdən məlum olmasına baxmayaraq [1], onun tikintidə tətbiq imkanları hələ də tükənməyib. İndi və gələcəkdə də beton və dəmir-beton digər inşaat materialları arasında aparıcı yeri tutacaq.

Sement əsaslı kompozisiya materiallarının müxtəlif struktur səviyyələrində kompleks xassələrinin tənzimlənməsinin səmərəli yollarından biri klinkerin və mineral əlavələrin kombinasiyasıdır. Belə yapışdırıcılar qarışıq yapışdırıcılar adlanır.

Qarışıq yapışdırıcıların betonda tətbiqini iqtisadi vəziyyət tələb edir. Qeyd etmək lazımdır ki, betonda qarışıq yapışdırıcıların istifadəsi təkcə arzuolunan məsələ olmayıb, mütləqdir. Çünki müasir dövrdə kifayət qədər geniş çeşiddə beton və dəmir-beton məmulatları və konstruksiyalar istehsal olunur. Qarışıq yapışdırıcıların betonda istifadəsi norma, əlavəsiz sementin betonda istifadəsi isə istisna hal olmalıdır [2]. Yapışdırıcıya yaxud betona əlavə edilmiş mineral əlavələr sementin sərfini azaltmağa, yaxud betonun layihə möhkəmliyini artırmağa və verilmiş xassələrə və aşağı maya dəyərində malik məmulat almağa imkan verir, klinker minerallarının daha dərin hidratasiyasına və betonun mikrostrukturunun formalaşmasına səbəb olur [3, 4].

İqtisadi baxımdan aşağıdakı mineral aktiv əlavələr və əlavə-doldurucular böyük maraq kəsb edir: donna posaları, İES külləri [5], kvars qumu [6, 7], vulkan posaları (VP), əhəng daşı, dolomit, təbaşir, mergel və s. [8, 9, 10, 11, 12, 13].

ABŞ, Yaponiya və MDB-də betona tələbatın həcmi təxminən eynidir, lakin bizim ölkəmizdə tikinti işlərində sementə tələbatın və onun istehsalının hiss olunacaq qədər yüksək olması tərkibində təbii və texnogen mənşəli mineral əlavələr olan qarışıq sementlərin istehsalının artırılmasının vacibliyini göstərir [14, 15].

1980-ci ildə sementin kimyası üzrə VII beynəlxalq konqresdə qeyd olunmuşdur ki, çoxkomponentli sementlərin istehsalı 40% yanacaq qənaət etməyə və yapışdırıcı istehsalını 1,5 - 2 dəfə artırmağa imkan verir [14]. Qarışıq yapışdırıcıların istehsalı sementin kimyası üzrə VIII və IX Beynəlxalq konqreslərdə də aktual məsələ kimi qoyulmuşdur [17]. 1992-ci ildə sementin kimyası üzrə IX Beynəlxalq konqresdə qeyd edilmişdir ki, sement və beton istehsalında ehtiyatlara qənaət tərkibində dənəvərləşdirilmiş posa, əhəng daşı, pussolanlar, seolit süxurları, silikat tozları, uçucu kül və s. olan qarışıq sementlərin istehsalının məqsədyönlü şəkildə inkişafı ilə bağlıdır [17].

Qarışıq yapışdırıcıların ilk nümayəndələrindən biri 1929-cu ildə İtaliyada istehsal olunmağa başlamış pussolanlı sementdir. Qarışıq yapışdırıcıların digər növləri dənəvərləşdirilmiş donna posaları əlavə edilmiş sementdir. Bu sement artıq yarım

əsrdən çoxdur ki, Almaniyada, Fransada, Lüksemburqda, Rusiyada və digər ölkələrdə istehsal olunur.

Hələ 1908-ci ildə XI Beynəlxalq gəmiçilik konqresində S.İ. Drujinin dəniz qurğularında işlədilən beton üçün tətbiq olunan portlandsementin pussolanlaşmasının lazım olduğunu təsdiq etmişdi. Pussolanlı sementin istehsalında yerli pussolanlı əlavələrdən: trepel, opoka, pemza, qliyej və s. istifadə olunur. Müəyyən edilmişdir ki, sementin bərkiməsi zamanı çökmə mənşəli əlavələrin rolu kalsium hidroksidlə kimyəvi qarşılıqlı təsirdə olmaqdır, vulkanik süxurlarda şüşə faza reaksiyaya girir, eyni zamanda süxurun seolit komponentinin qələvisi ilə əhəngin ion dəyişməsi baş verir [18].

Tədqiqatçıların [18, 19] işlərində klinkerin 50%-nin kvars qumu və trepelin qarışığı ilə əvəz olunması nəticəsində qarışıq yapışdırıcının alınmasının mümkünlüyü göstərilmişdir. Müəyyən olunmuş texnologiya üzrə alınmış material öz xassələrinə görə M-300 markalı portlandsementdən geri qalmır.

Mineral əlavəli qarışıq sementlərin xassələrini öyrənərək hələ 60-cı illərdə onların istifadəsinin səmərəliliyini sübut etmişdilər [20]. Lakin bu texnologiya həmin dövrdə plastikləşdiricilərin və üyütmək üçün səmərəli qurğuların olmaması səbəbindən öz tətbiqini tapmamışdır.

Qarışıq portlandsementin istehsalının inkişafı eyni zamanda aşağıdakı texnoloji səmərələri təsdiq edir: yüksək keçirməzlik, istilik emalı zamanı çatəmələgəlməyə müqavimətin yaxşılaşması, kimyəvi dayanıqlılığın, möhkəmlik həddinin artması [21].

Qarışıq sementlərin maddi tərkibi bir neçə ənənəvi əlavənin kombinasiyası hesabına, eləcə də yerli materiallardan və sənaye tullantılarından istifadə zamanı çox müxtəlif ola bilər. Bu məsələ xüsusi aktuallığa malik olub sement sənayesinin və beton texnologiyasının əsas problemlərinə cavab verir və eyni zamanda ekoloji problemləri həll edir [22- 25].

Mikrosilikanın plastikləçdirici ilə birlikdə istifadəsi möhkəmliyi 100 MPa –dək olan beton almağa imkan verir [12, 26]. Yerli və xarici alimlərin tədqiqatları sübut edir ki, sementin və betonun tərkibinə metaləitmə istehsalının amorf silikatdan ibarət tullantılarının daxil edilməsi möhkəmliyin artmasına, onların texnoloji və istismar xassələrinin yaxşılaşmasına gətirir [27, 28]. Qarışıq sementlərin bütün xassələri klinkeri əvəz edən materialların xassələrindən birbaşa asılıdır. Baxmayaraq ki, R.Bunkinin təsnifatına görə qarışıq sementlər 95 % portlandsement klinkerindən (əsas komponent ) və müxtəlif miqdarda bir-iki əlavədən (əlavə komponent ) ibarətdir [29].

Sementin məlum növlərinin, o cümlədən, qarışıq yapışdırıcıların mövcud təsnifatı [30] cədvəl 1.1-də verilir.

## **1.2. Aktiv-mineral əlavələr (AMƏ) qarışıq yapışdırıcıların komponenti kimi**

Tədqiqatçılar uzun illər ərzində betonun ən qiymətli komponenti olan sementin bir hissəsinin daha ucuz və asan əldə edilən mineral materiallarla - mineral əlavələrlə əvəz edilməsi üçün tədqiqatlar aparmışlar. Beton üçün, eləcə də yapışdırıcı materiallar

üçün mineral əlavələrlə suda həll olmayan (kimyəvi əlavələrdən əsas fərqi), qeyri-üzvi tərkibə malik bir çox maddələr aiddir. Lakin əsasən lazımi normativ-texniki sənədlərin olmaması yaxud kifayət qədər olmaması ilə bağlı olaraq mineral əlavələrin inşaat materiallarının istehsalında istifadəsi həmişə lazımi texniki və iqtisadi səmərənin alınması ilə müşayiət olunmur.

Cəvəl 1.1

### Qarışıq yapışdırıcıların təsnifatı

Kateqoriya	Sementin növü	Miqdarı, kütlə %-lə					
		Klinker	Posa	Təbii pussolanlar	DƏ tozu	Kvars qumu	Superplastikləşdirici
1	PS	95-100	-	5-qədər	-	-	-
2	Posalı PS	65-90	10-35	5-qədər	-	-	-
3	Pussolanlı PS	65-90	5-qədər	25-qədər	-	-	-
4	Qarışıq sement	65-88	6-29	5-qədər	-	-	-
5	Dənəvərləşdirilmiş posalı sement	20-64	36-80	5-qədər	-	-	-
6	Pussolan sement	ən azı 60	5-qədər	25-qədər	-	-	-
7	Narın üyüdülmüş qarışıq sement	ən azı 50		-	-	-	-
8	Aşağı su tələbatına malik yapışdırıcı	30-100	10-25	-	0-70	0-70	5-qədər

Beton üçün mineral əlavələrin sınaq üsullarını reqlamentləşdirən standart yoxdur. ГОСТ 2464-91 “ Sement üçün əlavələr ” və ГОСТ 25094-94 sınaq üsulları MƏ-dən, hidrat əhəngi və gipsdən ibarət kompozisiyaların xassələrinin qiymətləndirilməsindən, eyni zamanda suvadavamlılığının və tutma müddətinin göstəricilərindən bazalanır. Ədəbiyyatlarda [20, 23, 31, 32] mineral əlavələrin aşağıdakı əlamətlərinə görə təsnifatı verilir: aktivliyinə görə -aktiv, inert; mənşəyinə görə- təbii və süni. Təbii mineral əlavələr əmələgəlmə şəraitindən asılı olaraq çökmə, vulkanik və metamorfik mənşəli olur.

Qarışıq yapışdırıcıların alınması üçün istifadə olunan mineral əlavələr iki böyük qrupa bölünür [33]:

1. Hidravlik yaxud pussolan xassəsinə malik mineral əlavələr.
2. Bərkiyən sement daşının və betonun dənəvər tərkibini və strukturunu yaxşılaşdıran əlavələr –narın doldurucular.

Tədqiqatçılar tərəfindən təklif edilmiş silikat tullantılarının təsnifatına əsaslanaraq yüksək aktivlikli və az miqdarda (30...50%) klinkerli sement və beton istehsalında silikat əlavələrini tədqiq edərək silikat tərkibli xammalların regional kadastırını yaratmışlar [30].

Silikat tərkibli xammalların ən xarakterik nümayəndələri üç qrupda təsnifatlaşdırılır [30]:

1 qrup – xüsusi aktiv materiallardır. Bunlar əsasən, pirogen təbiətli (Aylərə görə) texnogen məhsullardır. Bu qrupun ən parlaq nümayəndələri aşağıdakılardır: Ferrosilisiyum istehsalının uçucu –külü, superfosfat istehsalının silikatlı tullantıları və s.

2 qrup – xüsusi səthi  $300-400 \text{ m}^2/\text{kq}$  olan yüksək miqdarda amorf  $\text{SiO}_2$ -li aktiv materiallar. Bu qrupa tərkibində 60%-dən çox  $\text{SiO}_2$  olan liporit tipli üyüdülmüş vulkan süxurları, kvars şüşəsinin qırıntıları və s. aiddir.

3qrupa – klinkerlə birlikdə üyüdüldükdən sonra aktivliyi artan təmiz kvars qumu, İES-in uçucu – külü və digər məlum materiallar şəklində ənənəvi mineral əlavələr daxildir.

Hidravlik aktivliyinə, bərkliyinə və digər xassələrinə görə kəskin fərqlənən mineral əlavələrin müxtəlifliyi hər bir ayrıca hal üçün kompozisiya yapışdırıcısının yeni birləşmələrinin miqdarını və keyfiyyətini, onların betonun və sement daşının fiziki-mexaniki xassələrinə təsirini qiymətləndirməyi tələb edir. Öz növbəsində qarışıq yapışdırıcının xassələri yüksək dərəcədə komponentlərin xassələrindən, onların dənəvər tərkibindən, dispersliyindən, üyüdülmə üsulundan asılıdır. [34, 35, 26] və əsas parametrlərin dəqiqləşdirilməsini, o cümlədən kimyəvi modifikatorların təsiri zamanı baş verən proseslərin öyrənilməsini tələb edir.

### **1.3. Narın üyüdülmüş doldurucuların yapışdırıcı maddələrdə rolu**

Narın üyüdülmüş mineral doldurucuların (NÜD) sement daşının və betonun strukturuna və xassələrinə təsirinin öyrənilməsi ilə bağlı çox sayda tədqiqat işləri aparılmışdır. Ümumi qəbul olunan fikir budur ki, mineral doldurucuların beton və məhlul qarışıqlarında sərbəst tərkib hissəsi kimi daxil edilməsi sementin sərfinə və maya dəyərinə görə sement kompozisiyalarının səmərəliliyinin artırılmasının və onların inşaat texnoloji xassələrinin yaxşılaşdırılmasının əhəmiyyətli rezervlərindən biridir.

Səmərəli kompozisiya materialı narın üyüdülmüş çoxkomponentli yapışdırıcılar və onların əsasında alınan betonlardır. Bu səmərəli yapışdırıcı adi sementi üyüdülmə zamanı aktivləşən doldurucularla birlikdə üyütməklə alınır və məmulat hazırlanarkən su ilə qarışdırılan zaman superplastifikator da daxil edilir. Narın üyüdülmüş çoxkomponentli sementlər yüksək prizma möhkəmliyinə malik olur. Onların prizma möhkəmliyinin əmsalı 0.75-0.95, adi sementlər əsasında hazırlanan betonlarda isə 0.76 təşkil edir [29].

Lakin yüksək disperslikli mineral doldurucuların sement daşının və sement betonlarının strukturuna və xassələrinə təsir mexanizminə görə alimlər arasında vahid fikir yoxdur.

Tədqiqatlar nəticəsində belə fikirə gəlinmişdir ki, narın üyüdülmüş çoxkomponentli doldurucuların sement daşının və betonun xassələrinə, xüsusilə möhkəmliyinə təsirinin qiymətləndirilməsi zamanı əsas amillər ya sementdən fərqli

olaraq daha narın dənəvər tərkibə malik olub fiziki effektlə bağlıdır, ya da aktiv hissəciklərin hidravlik reaksiyası ilə bağlıdır [37].

Hesab edilir ki, mikrodoldurucu effekt betonda sement daşının məsaməliliyinin azalmasına gətirən narın dispers doldurucunun həcmi qatılığının artması zamanı meydana çıxır [38]. Lakin yüksək dərəcədə doldurulma zamanı sement daşının məsaməliliyinin azalmasının davam etməsinə baxmayaraq doldurulmuş sement daşının doldurucu ilə bağlılığının pisləşməsi nəticəsində betonun möhkəmliyinin azalması baş verir [38].

Hesab edilir ki, [39] doldurucunun optimal miqdardan artıq götürülməsi sement daşında doldurucunun miqdarının artmasına, klinker dənələri arasında birbaşa əlaqənin pozulmasına gətirir və möhkəmlik azalır. Betonda mineral doldurucunun optimal miqdarında sement daşının strukturu sementin doldurucu ilə optimal doyması ilə xarakterizə olunur. Bu vəziyyətin müşahidə olunan kriteriyası xəmirdə hissəciklərin maksimal sıx yerləşməsinin əldə edilməsidir və ya əgər doldurucunun və sementin hissəcikləri müqayisə olunandırsa, doldurucu hissəcikləri öz aralarında əlaqə yaratmadan sementin doldurucu ilə maksimal doyması baş verir.

Eyni fikir digər tədqiqatçılar tərəfindən də dəstəklənir [40]. Qeyd edilir ki, sementin ultradispers materialla qarışıq sistemində vacib şərt odur ki, ultradispers materialın hissəcikləri yeni fazaların səthini örtməsin və kristalhidratlar arasında bitişmə əlaqəsinin yaranmasına mane olmasın. Bu şərtə qarışıq sistemdə

mikrodoldurucunun hidravlik aktivliyini nəzərə almaqla ultradispers materialın həcmi qatılığının optimallaşdırılması zamanı əməl etmək olur. İnert mikrodoldurucular üçün optimal miqdar kapilyar məsamələrin həcminə uyğun və uyğun boşluqların doldurulması, eyni zamanda strukturun sıxlaşdırılması üçün lazım olan miqdardır. Boşluqların doldurulma effekti fiziki amildir və ultradispers materialın hidravlik aktivliyindən asılı deyil. Lakin doldurucunun göstərilən məsamələrin həcmindən artıq olması hidravlik aktivliyindən asılı olaraq mənfi nəticələrə gətirə bilər. Aparılmış təcrübələrin nəticələri göstərir ki, inert mikrodoldurucunun artıq miqdarında boşluqların doldurulma effekti və strukturun sıxlaşması mikrodoldurucunun bitişmə əlaqəsinə mənfi təsirini kompensasiya edə bilmir, ona görə də möhkəmlik azalır [40].

Belə fikirlər [41] var ki, mikrodoldurucu effektinin əsasında narın dispers doldurucunun hissəciklərinin kristallaşma mərkəzi rolunu yerinə yetirməsi, yəni kimyəvi bərkimənin başlanğıc mərhələsini sürətləndirmək xassəsi durur.

Müəlliflər [42] yüksəkdispers qum əlavə etməklə sement xəmirinin tədqiqatını aparmışlar. Müəyyən edilmişdir ki, qumun dispersliyinin artması və kompozisiyada onun miqdarının çoxalması zamanı  $\text{Ca(OH)}_2$  –nin ayrılma sürəti yüksəlir. Bu onunla izah olunur ki, qumun hissəcikləri məsamələrdəki mayedən  $\text{Ca(OH)}_2$ –in kristallaşması üçün kristallaşma mərkəzi rolunu oynayır. Kompozisiyada suyun miqdarının artması zamanı  $\text{Ca}^{2+}$  və  $\text{OH}^-$  ionlarının qum hissəciklərinin səthində yerləşməsi asanlaşır ki, bu da  $\text{Ca(OH)}_2$  kristallarının əmələgəlmə və böyümə prosesinin intensivləşməsinə gətirir.

Onların tərkibində mikrodoldurucular daxil edən zaman yapışdırıcının möhkəmliyinin artması hadisəsi hidravlik aktivlikdən başqa, həm də mikrodoldurucunun daha kiçik dənələrinin kolloid ölçülərdə sementin əlaqə zonasında kristallaşma mərkəzi əmələ gətirməsi ilə izah olunur [43].

“Mikrodoldurucu effektinin” mahiyyətini müəyyənləşdirmək üçün yuxarıda verilmiş tədqiqat nəticələrinin analizi aparılmış və bir neçə iradlar bildirilmişdir [44,45].

Xüsusilə hesab edilmişdir ki, “mikrodoldurucu effekti”ni əlavə kristallaşma mərkəzlərinin əmələ gəlməsi ilə əsaslandırmaq mümkün deyil. Baxmayaraq ki, onların birbaşa təsiri kimyəvi bərkimənin başlanğıc mərhələsini sürətləndirməklə bağlıdır, çoxsaylı tədqiqatlar və təcrübə isə göstərir ki, İES külü kimi əlavələr qatılmış betonlarda bərkimənin başlanğıc müddətində möhkəmliyin artma tempi əlavəsiz betondan aşağı, daha sonralar isə yüksəkdir.

Narın dispers doldurucunu betona qatdıqda sement daşı ilə doldurucunun əlaqə zonasında möhkəmlik artır. Bu nəticə təcrübə tədqiqatları əsasında müəyyən edilmişdir. Bir sıra tədqiqatçıların fikircə normal portlandsement əsasında hazırlanmış betonlarında doldurucu ilə əlaqə zonasında portlanditin iri lövhəvari kristallarının miqdarının çox olmasına görə sement xəmirinin sıxlığı az, sement daşının isə möhkəmliyi aşağı olur. Buna görə də, temperatur və nəmlik şəraitinin dəyişməsi zamanı yaranan dartılma qüvvəsi nəticəsində mikroçatların əmələ gəlməsi ehtimalı

daha çox olur. Beləliklə, öz quruluşuna görə əlaqə zonası betonda daha zəif zonadır və buna görə də onun möhkəmliyinə böyük təsir göstərir.

Tədqiqatçıların fikrincə [46, 47] beton və yapışdırıcı materiallarda mineral doldurucu kimi tətbiq edilən materiallara narin dispers, mineral tərkibli, müxtəlif istehsalat prosesləri zamanı yaranan və 0,16 mm-dən kiçik ölçülü hissəciklərdən ibarət tullantılar və yaxud yan məhsullar aiddir. Bu istehsalat sahələrinə misal olaraq istilik elektrik stansiyalarını, çuqun, polad, dəmir ərintiləri istehsal edən metallurjiya sahələrini göstərmək olar. Hansı ki, onların tullantıları ildə milyon tonlarla ölçülür.

Mineral doldurucular bərkimiş sementin və betonun xassələrinə, xüsusən onların möhkəmliyinə göstərdiyi təsirə görə qiymətləndirilir. Mikrodoldurmaların sement sistemlərindəki oynadığı qeyri-adi effertlərin müqayisəli analizləri nəticəsində belə fikrə gəlinir ki, narin dispers doldurucuların betonun möhkəmliyinin artmasına müsbət təsiri sementlə müqayisədə onların xüsusi səthinin daha çox olması və sistemdəki digər komponentlərlə reaksiyaya girməsi ilə bağlıdır [46, 47].

Doldurucunun təsir mexanizmi haqqında bir çox fikirlər mövcuddur [46]. Bu fikirlərdən biri betonda narin dispers doldurucularının miqdarını artırmaqla onun məsaməliliyini azalmağa imkan verən mikrodoldurucu effektidir. Doldurucular beton qarışıqına iki üsulla verilir:

-doldurucunun miqdarı sementin müəyyən hissəsi təşkil edir (yəni qarışıqda dispers hissənin miqdarı eyni qalır);

-bəzən doldurucu müəyyən qədər sementi və müəyyən qədər də xırda doldurucu olan qumu əvəz edir.

Müəllif [46] narin qum hissələrinin (0,14 mm kiçik) yüksək səthi aktivliyə malik olduğunu müəyyən etmişdir. Müxtəlif elmi-tədqiqatlarla [48-54] müəyyən edilmişdir ki, mineral doldurucuların iştirakı ilə tətbiq edilməsi zamanı beton qarışığında sementlə doldurucu dənələrinin arasındakı əlaqə zonasının bərkiməsi baş verir.

Narin dispers doldurucuların sementlə doldurucu dənələrinin arasındakı əlaqə zonasına təsir mexanizmi əlaqə zonasının mikrostrukturunun kompüter modeli [53] üzərində öyrənilmişdir. Aparılmış statistik analizlərlə su/sem nisbəti 0,4-dən çox beton qarışığında 10 %-ə qədər inert doldurucuların qatılmasının əlaqə zonasının mikroquruluşuna təsir etmədiyi müəyyən edilmişdir. Pussolan aktivliyinə malik əlavələr qatıldıqda sistemdə gedən proseslər nəticəsində  $\text{Ca(OH)}_2$  –in miqdarının azalması baş verir, nəticədə əlaqə zonasında məsamələrin miqdarı da əhəmiyyətli dərəcədə azalır.

Alimlərin apardığı tədqiqatlar zamanı müəyyən edilmişdir ki, doldurucu kimi çay daşından istifadə olunmuş yüksək mökəmlikli betonlarda doldurucunun və sement daşının səthində silikat tozu olmadığı halda ettringit və  $\text{Ca(OH)}_2$  də iştirak edən məsaməli təbəqə müşahidə olunur. Silikat tozu olduqda isə bu qat olmur [46, 48].

Hidrat birləşmələrinin miqdarının strukturun formalaşması zamanı artması və bu birləşmələrin qarşılıqlı əlaqəsinin çoxalması nəticəsində sement daşı möhkəmlik əldə edir. Bu halda betonun və məhlulun təkibində olan yapışdırıcının faza tərkibində

əhəmiyyətli dəyişiklik baş verir [46, 47]. Baş verən dəyişikliklər sistemdə olan ilkin kristallohidratlarla ikinci narin kristallik hidratlar arasında balansın dəyişməsi hesabına baş verir.

Bərkimə prosesində sement sistemlərində aktiv silikat və alimosilikatlarla kalsium- hidroksidin qarşılıqlı əlaqəsi hesabına yeni CSH(I) yaranır. Baş verən proseslər nəticəsində əlavə faza əlaqələri yaranır, sement daşının sıxlığının artması hesabına sistemin möhkəmliyi artır. 6% silikat tozu qatılmış və su/sem nisbəti nəzəri miqdarda olan betonun strukturunun analizi göstərir ki, [46, 55] sement daşının eynicinsli quruluşunun yaranması hesabına onun sıxlığı artır və onun tərkibində portlandit və hidrosulfoalüminat kristalları olmur. Ona görə də bərkimə müddətindən asılı olmayaraq bu betonlar yüksək möhkəmlə malik olur. Silisium 4-oksidin yüksək aktivliyə malik olması və onun portlanditlə birləşməsi nəticəsində sistemin quruluşu sıx və betonun möhkəmliyi yüksək olur [46, 47].

Uçucu külün narınlığı artdıqda topa şəklində əmələ gəlmiş aqreqatlar xırdalanır və hissəciklərin reaktiv səthləri yaranır və bunun nəticəsində betonda potlanditlə reaksiyaya girə bilən kül hissəciklərinin miqdarı artır [56].

Müəyyən olunmuşdur ki [46, 47], narin əlavələrin az miqdarda qatılması ilə sement xəmirinin plastikliyi istənilən səviyyəyə çatmır. Odur ki, plastikliyi artırmaq üçün su/sem nisbətinin qiyməti yüksəldilməlidir. Belə ki, əlavələrin narınlığı və miqdarı artdıqca sistemin su tələbi yüksəlir.

Tədqiqatlarda göstərilmişdir ki, ultra dispers əlavələr, o cümlədən maqmatik və metamorfik mənşəli süxurların üyüdülməsindən alınan əlavələr betonun möhkəmliyini yüksəltməklə bərabər onun aqressiv mühitlərə dayanıqlığını və uzunömürlülüyünü artırır [57].

#### **1.4. Nəticələri və tədqiqatın istiqaməti**

Ədəbiyyatların analizi nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, dispers doldurucular sement sistemlərinin strukturunu və xassələrini xeyli dəyişir. Yəni, mineral əlavələrin xüsusi səthini və miqdarını artırıqda betonda sement daşının sıxlığı artır, əhəngin pussolan əlavə ilə birləşməsi nəticəsində kristallohidratlar əmələ gəlir, həmçinin əlavələrin xüsusi səthi artdıqca onların aktivliyi yüksəlir. Nərin dispers doldurucular sementin hidratasiyasının başlanğıcında kristalları öz üzərinə toplayaraq reaksiyanın sürətlənməsini təmin edir. Sement xəmirində doldurucu dənələrinin müxtəlif ölçülü məsamələri doldurması nəticəsində sement daşında məsamələrin ölçüləri azalır, betonun möhkəmliyi artır.

Hal-hazırda tətbiq olunan əlavələrin müəyyən çatışmamazlıqları olduğundan yerli süxurların tətbiqi ilə yeni, daha səmərəli aktiv-mineral əlavələrin hazırlanması aktualdır.

Yuxarıda qeyd olunanları diqqətə alaraq dissertasiya işində aşağıdakıların həll edilməsi nəzərdə tutulmuşdur:

- Yerli süxurların xüsusiyyətlərinin müəyyənləşdirilməsi;
- Yerli süxur kimi Çovdar daşından istifadə etməklə optimal mineral aktiv əlavənin optimal termiki rejiminin hazırlanması;
- Hazırlanmış əlavənin sement sistemlərinə təsirinin öyrənilməsi;

## II FƏSİL

### MATERİALLAR VƏ TƏDQIQAT ÜSULLARI

#### 2.1. Xammal və materiallar, onların xüsusiyyətləri

Təcrübələrin aparılmasında aktiv-mineral əlavə kimi Çovdar çini daşından, Holcim sement zavodunun CEM I-52,5, CEM II-42,5 sementlərindən, plastikləşdirici kimi poliplastın C-3 və Linamiks SP-120 əlavələrindən, normal Volsk qumundan istifadə edilmişdir. Daşkəsən rayonunda yerləşən Çovdar yatağındakı çini daşının mineroloji tərkibini əsasən kaolinit, kvars və çöl şpatı təşkil edir. Çovdar çini daşının kimyəvi tərkibi cədvəl 2.1-də göstərilmişdir.

Cədvəl 2.1

Təbii və yandırılmış Çovdar çini daşının kimyəvi tərkibi, %

№	Adı	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O	K.İ.
1	Çovdar çini daşı (təbii halda)	70,18	14,47	1,99	0,88	1,57	7,5	-
2	Çovdar çini daşı (termiki emaldan sonra)	73,1	17,2	0,8	3,5	0,2	3,0	3,4

Cədvəl 2.2-də təcrübələrdə istifadə olunan sementlərin tərkibləri verilmişdir.

Cədvəl 2.2

Sementin kimyəvi-mineroloji tərkibi

№	Sementin növü	Kimyəvi tərkibi, %						Mineroloji tərkibi, %			
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF
1	CEM I-52,5	23	4	65	3	4	0,5	57	21	6	14
2	CEM II/A-P-42,5	22	5	64	2	3	0,5	57	21	6	14

Cədvəl 2.3-də istifadə olunan sementlərin əsas xassələri verilmişdir.

Cədvəl 2.3

Sementlərin xassələri								
№	Sementin markası	Normal qatılığı, %	Tutma müddəti, saat		Sıxılmada möhkəmlik həddi, MPa			
					əyilmədə		sıxılmada	
			əvvəli	sonu	7	28	7	28
1	CEM I-52,5	27	2 saat 50 dəq.	5saat 10 dəq.	5	7	33	58
2	CEM II/A-P-42,5	28	2 saat 55 dəq.	5 saat 30 dəq.	5,5	7,2	24	51

Cədvəl 2.4-də istifadə olunan plastikləşdirici əlavələrin xüsusiyyətləri verilmişdir.

Cədvəl 2.4.

#### Plastikləşdirici əlavələrin xüsusiyyətləri

Əlavələrin növü	Xüsusiyyətləri	Quru maddənin miqdarı,%	pH	İstehsal müəssisəsi	Əlavələrin sementdə miqdarı,%
C-3 superplastikləşdiricisi	Naftalin formaldehid əsasında	37	7-9	“Poliplast” MMC	0,5
Linamiks SP-120	Naftalin formaldehid və modifikasiya olunmuş liqnosulfonat əsaslı	35	10	“Poliplast” MMC	0,6

## 2.2. Tədqiqat üsulları

Aparılan tədqiqat işinin məqsədi Çovdar çini daşını aktiv-mineral əlavə kimi tətbiq etməklə yapışdırıcı tərkibini işləmək və bu yapışdırıcının fiziki mexaniki xassələrini tədqiq etməkdən ibarətdir. Bunun üçün Çovdar çini daşı 2 temperaturda- 500<sup>0</sup>C və 700<sup>0</sup>C-də yandırılır.

Sonra hər iki temperaturda yandırılmış Çovdar çini daşı ikikameralı kürəli laboratoriya dəyirmanına tökülərək 3000-3100 sm<sup>2</sup>/q xüsusi səthə qədər üyüdüür. Dəyirmanın diametri 480 mm, uzunluğu 280 mm, üyüdücü cisimlərin çəkisi 75 kq, dövrlər sayı 50 dövr/dəq.

Çovdar çini daşının narınlığı - 310.1-81 N-li QOST- a uyğun olaraq 008N-Nö-li ələkdə qalan qalıqın miqdarı, xüsusi səthi isə PSX-2 cihazında təyin etməklə tapılır.

Sonra Çovdar çini daşından sementin kütləsinin 5%, 10%, 15%-i miqdarında istifadə etməklə yapışdırıcı tərkibi hazırlanır. Təcrübə-sınaq işlərinin yerinə yetirilməsi zamanı müasir fiziki-kimyəvi və mexaniki tədqiqat üsullarından istifadə olunmuşdur.

Normal qatılıq və tutma müddəti Vika cihazında QOST 310.3-81 üzrə təyin edilmişdir.

Sementin normal qatılığını təyin etmək üçün sement xəmiri mexaniki üsulla və ya əl ilə hazırlana bilər. Sement xəmirinin əl ilə hazırlanması aşağıdakı qaydada aparılır:

-Sınaq nümunəsindən götürülmüş 400q sement (1 q dəqiqliklə) diametri 400 mm, hündürlüyü 100 mm, qalınlığı isə 2-3 mm olan və daxili səthi yaş parça ilə silinmiş kürəvi metal qaba tökülür. Sınaq üçün götürülmüş su - sementin üzərinə bir dəfəyə tökülür və 30 saniyə gözlədikdən sonra su ilə sement əvvəlcə ehtiyatla, sonra isə intensiv olaraq qarışdırılır. Sement xəmirinin qarışdırılma müddəti (suyun sementə töküldüyü andan hesablanmaqla) 5 dəqiqəyə bərabər olmalıdır.

Hazırlanmış sement xəmiri bir dəfəyə standart həlqəyə töküldükdən sonra həlqə 5-6 dəfə müstəvi səthə vurulur və nəticədə sement xəmiri silkələnməklə sıxlaşdırılır. Sonra sement xəmirinin standart həlqənin həcmindən artıq olan hissəsi bıçaqla kəsilir və daxilində sement xəmiri olan həlqə Vika cihazının oturacaq müstəvisi üzərində yerləşdirilir. Cihazın hərəkət edən hissəsi xəmirin üst səthinə toxunan vəziyyətə qədər yaxınlaşdırılır və sərbəst olaraq sement xəmirinə daxil edilir. Vika cihazının hərəkət edən hissəsinə bağlanmış metal silindir (pestik) standart həlqənin yerləşdiyi lövhənin səthinə 5-7 mm çatmadıqda hazırlanmış xəmir normal qatılıqlı hesab edilir.

Tutma müddətini təyin etmək üçün normal qatılıqlı sement xəmiri lövhə üzərində yerləşdirilmiş standart həlqəyə tökülür və 5-6 dəfə silkələnməklə sıxlaşdırılır. Sonra sınaq nümunəsi Vika cihazının oturacaq müstəvisi üzərində yerləşdirilir və iynənin batma dərinliyi qeyd edilir. Sementin tutma müddətini təyin edərkən iynənin sement xəmirinə daxil edilməsi hər 10 dəqiqədən bir təkrar edilir.

Sementin su ilə qarışdırılmasından (suyun sementə əlavə edildiyi andan) cihazın iynəsinin lövhəyə 1-2mm çatmadığı vaxta qədər keçən müddət sement xəmirinin tutmasının başlanğıcı hesab edilir.

Sementin su ilə qarışdırılmasından cihazın iynəsinin xəmirə ən çoxu 1-2 mm daxil olduğu vaxta qədər keçən müddət isə sement xəmirinin tutulmasının sonu hesab edilir. Sementin çox tez və ya çox gec tutması onun əsas çatışmayan cəhətlərindən hesab edilir.

Sementin möhkəmliyini təyin etmək məqsədilə tilinin ölçüləri 2 sm olan kub nümunələri hazırlanır. Yaş parça ilə silinmiş kürəvi metal qaba lazımi miqdarda termiki emal olunmuş Çovdar daşı və sement əlavə edilir, 1 dəqiqə əl ilə qarışdırılır. Ortasında dərinlik yaradılmış qarışığa normal ( $su/sem = 0,4$ ) qatılığa uyğun su əlavə edilir və sement xəmiri hazırlanır. Hazırlanmış xəmir qəlibə yerləşdirilir və müəyyən müddət bərkidikdən sonra onun fiziki-mexaniki göstəriciləri təyin edilir.

Rentgen faza analizi - DRON-2 (şüalanma  $CuK_{\alpha}$  süzgəc Ni, rentgen borusunda gərginlik 30kV, cərəyan 10 mA) rentgen qurğusunda alınmış nümunələrin rentgenfaza analizi aparılmışdır. MOM cihazı vasitəsilə nümunələrin diferensial termiki analizi aparılmışdır.

Təcrübələrin dəqiq qiymətləndirilməsi və etibarlılıq intervalının tapılması üçün nəticələrin riyazi emalı aparılmışdır.

**Nəticələrin riyazi emalı** [46, 47] təcrübələrin planlaşdırılması ilə məqsədə çatmanın etibarlı şəkildə həll edilməsi üçün aparılmışdır. Təcrübələrin planlaşdırılması zamanı dəyişən amillər kimi əhəng və gips daşının miqdarları götürülmüşdür. İkinci tərtibdən plan hazırlanmış və amillərdən asılı olaraq reqresiya tənliyi tərtib edilmişdir [46].  $y=b_0+b_1 \cdot x_1+b_2 \cdot x_2+b_3 \cdot x_1 \cdot x_2$

### III FƏSİL

## ÇOVDAR DAŞININ AKTİV-MİNERAL ƏLAVƏ KİMİ TƏDQIQI

### 3.1. Çovdar daşının termiki emalı əsasında aktiv-mineral əlavənin alınması

Respublikamızda porfir süxurları kimi Çovdar yatağından çıxarılan çini daşı inşaat sənayesi üçün qiymətli xammal sayıla bilər. Çovdar yatağı Daşkəsən rayonunun ərazisində yerləşib rayon mərkəzi ilə torpaq, qum və müəyyən qədər asfalt şosse ilə birləşib. Kuşçu dəmiryol dayanacağına qədər məsafə 22 km-dir. Çovdar daşının fərqli cəhətlərindən biri də onun zəif məsaməli olmasıdır. Lakin məsaməlilik qanunauyğun dəyişmir, o müəyyən intervalda ola bilər, müəyyən intervalda itə bilər və yenidən yarana bilər. Çovdar daşının kimyəvi tərkibi aşağıdakı intervalda dəyişə bilər:

$SiO_2$ -33,0-87,0%;  $Al_2O_3$ -6,5-39%;  $Fe_2O_3$ -0,30-8,17%;  $TiO_2$ -0,18-0,86%;  $CaO$ -20,10-20,45%;  $MgO$ -0,1-9,49%;  $Na_2O$ -0,04-2,4%;  $K_2O$ -0,40-5,20%;  $KI$ -1,01 -22,33%.

Çovdar daşının mineroloji tərkibini kaliumlu çöl şpatı, kvars və kaolinit təşkil edir. Mineroloji tərkibindən görüldüyü kimi Çovdar çini daşının tərkibini aktiv mineral əlavələrin tərkibinə daxil olan komponentlər təşkil edir. Odur ki, Çovdar çini daşını yapışdırıcı materiallar istehsalında əlavə kimi tətbiq etmək olar.

Aktiv-mineral əlavənin alınması üçün Çovdar daşı iki temperaturda- 500<sup>0</sup>C və 700<sup>0</sup>C –də 3 saat müddətində termiki emala uğradılmışdır. Analiz nəticələri göstərdi ki, 500<sup>0</sup>C temperaturda termiki emal zamanı Çovdar daşı tam olaraq aktiv hala keçmir. Temperaturu 700<sup>0</sup>C–yə qaldırıqda o tamamilə aktivləşmiş hala keçir. Məhsulda eyni zamanda sərbəst kvars da müşahidə olunur.

Mineral əlavənin əsas keyfiyyət göstəricisi onun aktivliyidir. Aktivlik əlavənin udduğu kalsium oksidin miqdarı ilə müəyyən olunur. Əlavənin aktivliyi onun 1 qramının məhluldan 30 gün ərzində udduğu əhəngin mlq-la miqdarı ilə xarakterizə olunur.

Cədvəl 3.1

Çovdar daşının termiki emal məhsullarının aktivliyi

S/S	Materialın adı	Yandırılma temperaturu, <sup>0</sup> C	Aktivlik, mq/q
1	Çovdar daşı (təbii halda)	—	10
2	Çovdar daşının termiki emal məhsulu	500	60
3	Çovdar daşının termiki emal məhsulu	700	85

Cədvəldən göründüyü kimi Çovdar daşının təbii halda aktivliyi 10 mq/q, 500<sup>0</sup>C-də yandırıldıqda aktivliyi 60 mq/q, 700<sup>0</sup>C-də yandırıldıqda isə aktivliyi 85 mq/q təşkil edir. Nəticələrdən görünür ki, Çovdar daşının optimal yandırılma temperaturu 700<sup>0</sup>C qəbul edilməlidir.

Çovdar daşının və onun termiki məhsullarının aktiv-mineral əlavə kimi tutma vaxtını, suya davamlılığını təyin etmək üçün əlavə və əhəng tozunun 4:1 nisbətində qarışığı götürülür, normal qatılıqlı sement məhlulu hazırlanır. Bu məhluldan Vika cihazının həlqəsinə yerləşdirilir. Birinci həlqədən tutma vaxtının sonunu müəyyən etmək üçün istifadə olunur. Tutmanın sonu o vaxt hesab olunur ki, 3 mm diametrlili dəstək xəmirə daxil ola bilməsin [58]. İkinci nümunə isə tutma vaxtı qurtardıqdan sonra suya salınaraq suya davamlılığı təyin edilir. Aparılmış təcrübələrin nəticələri cədvəl 3.2-də verilir.

Cədvəl 3.2

Çovdar daşı və onun termiki emal məhsullarının xassələri

s/s	Materialın adı	Yandırılma temperaturu, <sup>0</sup> C	Tutma vaxtının sonu, gün	Tutma qurtardıqdan sonra suyadavamlılıq, gün	Həcmnin dəyişməsinin müntəzəmliyi, mm
1	Çovdar daşı (təbii halda)	—	20	38	27
2	Çovdar daşının termiki emal	500	8	7	19

	məhsulu				
3	Çovdar daşının termiki emal məhsulu	700	6	3	12

Cədvəldən görüldüyü kimi yalnız 700<sup>0</sup>C-də alınmış termiki emal məhsulu mineral-aktiv əlavələrə qoyulan tələblərə cavab verir. Ona görə də tədqiqat prosesində mineral-aktiv əlavə kimi 700<sup>0</sup>C-də yandırılmış Çovdar daşından istifadə edilmişdir.

### **3.2. Çovdar daşının termiki emalı nəticəsində alınmış aktiv- mineral əlavəyə əhəng və sulfat aktivləşdiricilərinin təsiri**

Əhəng və sulfat aktivləşdiricilərinin Çovdar daşına müqayisəli təsirini öyrənmək üçün tədqiqatlarda aktiv-mineral əlavə kimi 700<sup>0</sup>C temperaturda termiki emal edilmiş Çovdar daşından istifadə edilmişdir. Aktiv–mineral əlavənin tətbiqi ilə sementin hidratasiya və bərkimə proseslərinin getməsinin prinsiplərini müəyyən etmək üçün 2 dəyişənli təcrübələr aparılmışdır. Tədqiqatlarda aşağıdakı amillərdən istifadə olunmuşdur:

-X<sub>1</sub> – əhəng aktivləşdiricisi kimi sönməmiş əhəngdən istifadə edilmiş, onun miqdarı yapışdırıcının kütləsi üzrə 10 %-dən 30 %-ə qədər dəyişmişdir;

-X<sub>2</sub>- sulfat aktivləşdiricisi kimi gips daşından istifadə edilmiş, onun miqdarı yapışdırıcının kütləsi üzrə 2 %-dən 8 %-ə qədər dəyişmişdir.

Matrisanın planı cədvəl 3.3-də verilmişdir.

Cədvəl 3.3

### İki dəyişənli təcrübənin planı

№	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>
	Kodlaşdırılmış	Kodlaşdırılmış
1	+1	-1
2	-1	-1
3	+1	+1
4	-1	+1
5	0	0

Aktivləşdiricilər və Çovdar daşı əsasında alınmış yapışdırıcının hidratasiya prosesini və xassələrini öyrənmək üçün bir sıra tədqiqatlar aparılmışdır. Aparılmış tədqiqatlar nəticələrin müəyyənləşdirilməsinə şərait yaradır.

Bunun üçün iki dəyişənli təcrübələrin qurulması ilə aşağıdakı göstəricilərin təyin edilməsi nəzərə alınmışdır [47]:

-Sementin su tələbatı və struktur əmələgətirmə xüsusiyyətləri;

-Bərkimiş sementin texniki göstəriciləri;

Sementin sıxılmada möhkəmliyinin təyini üçün normal qatılıqlı xəmir hazırlanmış, qəliblərə yerləşdirilmiş, bir gün nəm şəraitdə, sonra isə suda saxlanılmışdır. Bərkimə müddətindən asılı olaraq sement nümunələrinin sıxılmada

möhkəmliyi təyin edilmişdir. Təcrübə nəticəsində alınmış sementin normal qatılığının və tutma müddətinin göstəriciləri, həmçinin sement daşının 7 və 28 gündən sonra sıxılmada möhkəmlik həddinin qiymətləri cədvəl 3.4-də verilmişdir.

Ölçmə dəqiqliyi ( $\pm\Delta x$ ) ayrı-ayrı göstəricilər üçün verilmişdir: normal qatılıq  $\Delta x=0,06\dots0,08\%$ , tutma müddəti  $\Delta x=2,6\dots3,4\%$ , sıxılmada möhkəmlik həddi  $\Delta x=3,5\dots4,7\%$

Göstərilmiş parametrlərin dəyişən faktorlardan asılılığı aşağıda verilir.

Cədvəl 3.4

Təcrübələrin planı və nəticələri (CEM I 52,5)

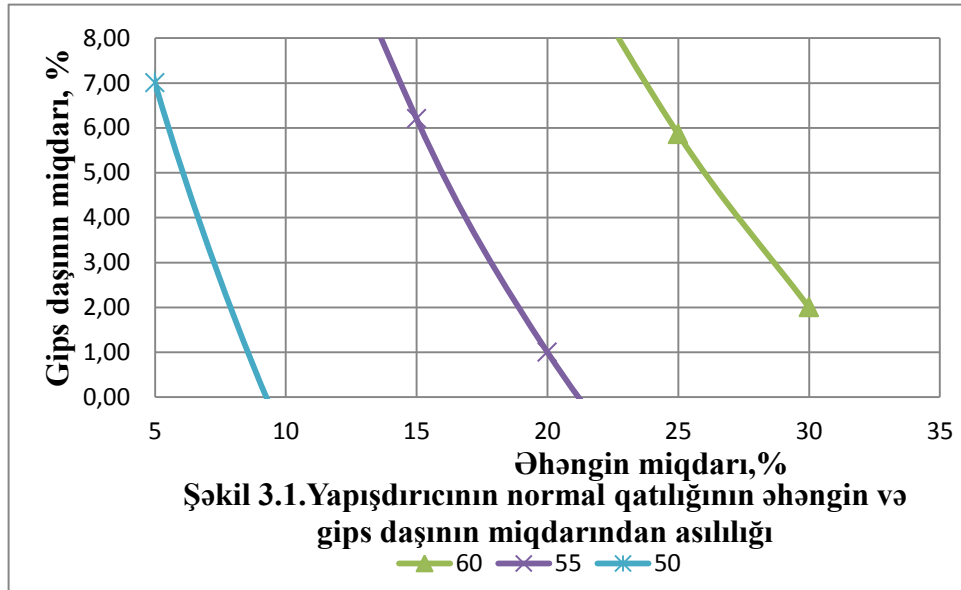
№	Dəyişənlər				Əsas parametrlər					
	$X_1$ Əhəng, %		$X_2$ Gips daşı, %		$X_1X_2$	Normal qatılıq, %	Tutma müddəti, dəq.		Sıxılmada möhkəmlik həddi, MPa, gün	
	kod	miqdarı	kod	miqdarı	kod		baş.	son	7	28
1	1	30	1	8	1	63	3,12	4,52	51,58	65,4
2	-1	10	1	8	-1	54	2,47	3,52	41,73	75,96
3	1	30	-1	2	-1	60	2,58	3,58	49,5	58,76
4	-1	10	-1	2	1	52	2,36	3,42	58,35	63
5	0	20	0	5	0	58	3,02	4,32	50,46	63,23

Yapışdırıcı xəmirinin normal qatılığı onun su tələbini xarakterizə edir ki, bu da beton istehsalında minimum su/sem nisbətində yüksəkaxarlı beton qarışığının alınma

imkanlarını müəyyənləşdirir. Normal qatılığın kodlaşdırılmış əhəngin və gips daşının miqdarından asılı olaraq dəyişməsi aşağıdakı formulda verilmişdir [47] (şəkil 3.1):

$$NQ=57-5 X_1-1,5X_2+0,5X_1X_2$$

Şəkil 3.1-dən görüldüyü kimi əhəngin miqdarı artdıqca yapışdırıcının normal qatılığı artır. Gips daşının miqdarı 6% olduqda əhəngin miqdarının 15%-dən 25%-ə qədər yüksəlməsi zamanı normal qatılıq 55%-dən 60%-ə qədər artır. Gips daşının miqdarı 5% əhəngin miqdarı isə 7 % olduqda yapışdırıcının normal qatılığı 50%-ə düşür. Çovdar daşında aktiv əlavənin miqdarı, yəni əhəng və gipslə reaksiyaya girən maddənin miqdarı təxminən 50% ətrafında olduğundan optimal normal qatılığı almaq üçün aktivləşdiricilərin miqdarı 2 dəfə az götürülür.



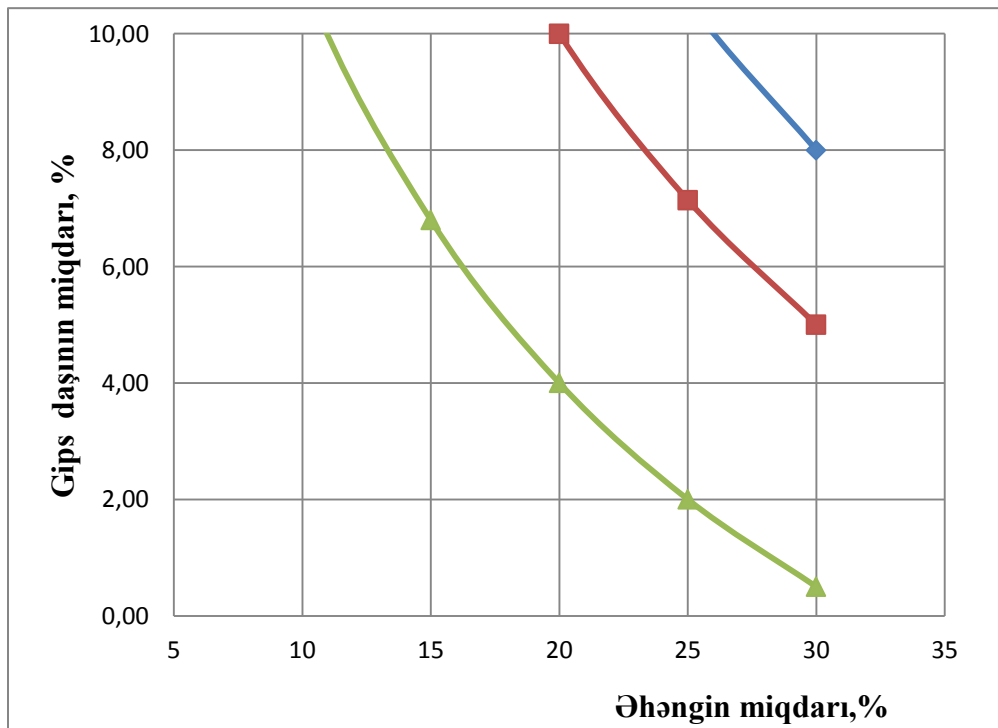
Hidratasiya və hidroliz prosesləri nəticəsində sement daşının quruluşunun formalaşması nəticəsində möhkəmliyinin dəyişməsi məqsədyönlü şəkildə nizamlanır. Uyğun olaraq bu xüsusiyyətlər özünü beton qarışığında və betonda da göstərir.

Bərkimə vaxtından asılı olaraq sement daşının sıxılmada möhkəmliyi aşağıdakı ifadələrə təyin edilir:

$$R_7=15,5+2,5X_1+1,5X_2+0,5X_1X_2$$

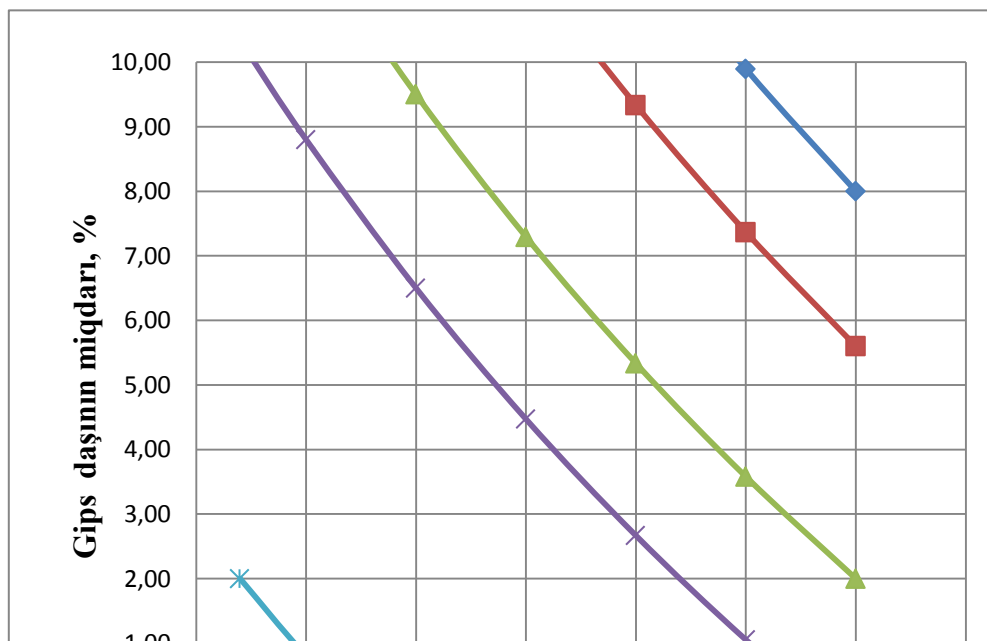
$$R_{28}=21,75+2,75X_1+2,25X_2+0,25 X_1X_2$$

Şəkil 3.2-dən görüldüyü kimi 7 günlük möhkəmliyi 15 MPa-a aldıqda əhəngin miqdarı 20% olan zaman gipsin miqdarı 4 % həddində olur. Gipsin miqdarının 7%-ə qədər artırılması zamanı eyni möhkəmliyin saxlanılması üçün əhəngin miqdarı 15%-ə salınmalıdır. 7 günlük möhkəmliyi 20 MPa-a qaldırmaq üçün gipsin miqdarı 8 %-ə qədər artırılmalıdır. Görüldüyü kimi 7 günlük möhkəmlik həddinin kinetikasi əhəngin addımı 5 vahid, gipsin addımı isə 2 vahid qalxdıqda dəyişir. Görüldüyü kimi Çovdar daşı əsasında alınmış yapışdırıcının optimal olaraq 7 günlük möhkəmliyi 15 MP olur.



Çovdar daşı əsasında alınmış yapışdırıcının 28 günlük möhkəmlik həddinin aktivləşdiricilərin miqdarından asılı olaraq dəyişmə kinetikasi şəkil 3.3.-də göstərilmişdir.

28 gündən sonra 22 MPa möhkəmlik yığmaq üçün əhəngin miqdarı 20% gipsin miqdarı isə 5% həddində olmalıdır. Eyni möhkəmliyi yığmaq üçün əhəngin miqdarı 15% olduqda gipsin miqdarını 7%-ə qədər, 10% olduqda isə 9,5%-ə qədər artırmaq lazımdır. 25 MPa möhkəmlik yığmaq üçün yapışdırıcının tərkibində komponentlərin miqdarı aşağıdakı kimi olmalıdır: əhəng 20%; gips- 9,5%.



Beləliklə, Çovdar daşının tətbiqi ilə alınmış yapışdırıcının möhkəmliyini yüksəltmək üçün əhəng gipsə nisbətən daha aktiv rol oynayır. Tədqiqatlar göstərdi ki, Çovdar daşının termiki emal məhsulu mineral aktiv əlavə kimi sement sənayesində müvəffəqiyyətlə tətbiq oluna bilər.

### **3.3. Çovdar daşının termiki emal məhsulunun qarışıq yapışdırıcıların alınmasında mineral aktiv əlavə kimi tətbiqi**

Çovdar daşının 700<sup>0</sup>C temperaturda alınmış termiki emal məhsulunun sementin xassələrinə təsirini öyrənmək üçün onu laboratoriya dəyirmanında sement narınlığına qədər üyütdükdən sonra istifadə edilmişdir. Təcrübənin nəticələri cədvəl 3.5-də verilmişdir.

Cədvəl 3.5.

Çovdar daşının 700<sup>0</sup>C temperaturda alınmış termiki emal məhsulunun  
sementin xassələrinə təsiri

№	Sementin markası	Mineral əlavənin miqdarı, %	Normal qatılığı, %	Tutma müddəti, dəqiqə		Möhkəmlik həddi, MPa			
				baş.	son	sıxılmada (gün)			
						1	2	7	28
1	CEM I-52,5	0	24,5	150	260	17,1	29,1	41,2	51,3
2	CEM II/A-P-42,5	7	26,3	210	360	11,0	22,6	33,3	43,7
3	CEM I-52,5	25	29,2	210	380	11,2	19,4	30,2	40,0
4	CEM I-52,5	30	29,3	220	380	10,1	17,5	24,8	35,5
5	CEM I-52,5	35	29,1	240	400	7,4	14,9	23,1	32,7

Cədvəldən göründüyü kimi Çovdar daşının termiki emal məhsulunun miqdarını artırdıqca sementin normal qatılığı 24,5%-dən 29,1%-ə qədər artır. Tutma müddətinin həm başlanğıcı, həm də sonu əlavənin miqdarına mütənasib olaraq artır. CEM I-52,5-in 28 günlük sıxılmada möhkəmlik həddi 51,3MPa-dan 32,7MPa-a qədər düşür. Lakin CEM II/A-P-42,5 28 günlük möhkəmliyinə nisbətən 25% termiki emal məhsulunu əlavə etdikdə qarışıq sementin möhkəmliyi cüzi dəyişir. Termiki emal məhsulunu 30-35% qatdıqda sementin möhkəmliyi 30,8-36,3% aşağı düşür.

Qarışıq yapışdırıcıların möhkəmliyini artırmaq üçün superplastikləşdiricilərdən istifadə olunur.

Məlumdur ki, sement sistemlərinin axıcılığının artırılma üsullardan biri yüksək molekullu anionlu səthi-aktiv maddə olan superplastikləşdiricilərin tətbiqidir.

Plastikləşdirici effekt oliqomerin sement hissəciklərinə adsorbsiyası və onların deflokulyasiyası hesabına əldə edilir [47].

1976-cı ildə təklif edilmiş beton əlavələri üzrə təsnifata əsasən [59] superplastikləşdiriciləri üç qrupa ayırmaq olar. Birinci qrupa sulfolaşmış melaminformaldehid qətranı və onun əsasında alınan kompleks əlavələr aiddir. İkinci qrupa naftalinsulfonatın və formaldehidin kondensasiya məhsulları və onların əsasında alınan kompleks əlavələr daxildir. Üçüncü qrupu modifikasiya olunmuş (təmizlənmiş və praktiki olaraq şəkərsiz) liqnosulfonatlar və onların əsasında alınan kompleks əlavələr əmələ gətirir. Sonradan dördüncü, daha az yayılmış qrup, oksikarbon turşusunun kondensasiya məhsulları ayrılmışdır [60].

Superplastikləşdiricilərin tərkibi və xassələri barədə daha geniş məlumatlar patent ədəbiyyatlarda verilir. Bu ədəbiyyatlarda superplastikləşdiricilər digər əlavələrlə birlikdə, tutma və bərkimə prosesinin tənzimləyiciləri, beton qarışığının reoloji xassələrinin və betonun strukturunun tənzimləyiciləri kimi təklif edilir.

Rusiyada beton texnologiyasında superplastikləşdiricilərin tətbiqi barədə ilk məqalə 1976-cı ildə çap edilmişdir [61]. Təxminən elə həmin vaxtdan da superplastikləşdiricilərin alınması və tətbiqi ilə bağlı tədqiqatlara başlanılmışdır. Belə ki, Rusiyanın bir çox elmi-tədqiqat institutlarında modifikasiya olunmuş melaminformaldehid qətranı əsasında 10-03, НИЛ-10, АПС, ВС (МФАС-Р100-11) superplastikləşdiriciləri alınmışdır. Bu əlavələrin səmərəliliyi təxminən eynidir.

Naftalinformaldehid əsasında C-3 və 30-03 modifikasiyalı superplastikləşdiricilərin tərkibləri işlənmişdir [62,63]. Naftalin istehsalının tullantısı əsasında isə C-4 superplastikləşdiricisi alınmışdır.

Aparılmış tədqiqatlarda [61-63] sement sistemlərinə müxtəlif növ superplastikləşdiricilərin təsir mexanizminə baxılmışdır. Onların daxil edilməsi zamanı aqreqasiya etmiş sement hissəcikləri peptizasiya effektinə malik olur. Onların üzərinə adsorbsiya olunmuş oliqomer molekulları onları ayırır, molekullararası cazibə qüvvəsinin qarşısını alır və sement–su suspenziyasına bircinslilik verir. Bu zaman flokullardan mobilizasiya edilmiş su azad olur, bunun nəticəsində dispers fazanın həcmi artır, suspenziya sıyıqlaşır və onun özlülüyü azalır.

Qarışıqın axıcılığı üçün sement hissəciklərinin solvat təbəqəsindəki suyun həcmi əhəmiyyətlidir. Solvat təbəqəsi bərk fazanın səthində molekyulyar qüvvələrlə dayanır. Oliqomerin adsorbsiyası nəticəsində solvat təbəqəsində suyun miqdarı azalır. Bundan başqa, sement–su suspenziyasının özlülüyünün azalması bərk fazanın səth xassələrinin dəyişməsinə gətirir: Bu halda hissəciklərin forması və onların səthinin nahamarlıq dərəcəsi xüsusi əhəmiyyətə malikdir.

Daxili sürtünmənin azalmasına bərk hissəciklərin səth enerjisi vacib təsir göstərir. Daxil edilmiş oliqomer səthini eyniadlı elektrik yükləri ilə yükləyir, elektrostatik qüvvələr hesabına hissəciklərin birləşməsinə mane olur və suspenziyanın özlülüyünü azaldır.

Lakin superplastikləşdiricilər təkcə plastikləşdirici effekt göstərmir, həm də sementin aktiv maddələrinin hidratasiya dərəcəsinə təsir göstərir. Naftalinsulfonatın və formaldehidin kondensasiya məhsulları və polistirolsulfonat əsasında superplastikləşdiricilərlə sement arasında qarşılıqlı təsir sement suspenziyasının sedimentasiya sürətinə və adsorbsiya olunmuş polieloktrolitlərin miqdarına əsaslanan kalorimetriya üsulu [64] ilə tədqiq edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, adsorbsiya nəticəsində hidratasiya sürəti polielektrolitin miqdarının artması ilə azalır.

Müxtəlif növ superplastikləşdiricilərin hidratasiya kinetikasına, sementin bərkiməsi zamanı istilikayrılmaya və yeni birləşmələrin tərkibinə təsiri öyrənilmişdir [65]. Plastikləşdirici təsir bərk fazanın dispersləşməsi ilə izah olunur. Liqnosulfanlarla müqayisədə naftalinsulfonat və formaldehidin yüksək plastikləşdirici effekti onların daha yüksək dozalarda tətbiqinin mümkünlüyü ilə izah olunur. Bütün plastikləşdiricilər portlantsement xəmirinin özlülüyünü azaldır və onun bərkiməsini ləngidir, lakin alüminat sementi və gipsdən hazırlanmış xəmirin hidratasiyasına və xassələrinə demək olar ki, təsir göstərmir.

Superplastikləşdiricinin iştirakında başlanğıc mərhələdə hidratasiya prosesinin ləngiməsini bir çox müəlliflər göstərmişlər. İşdə [66] qeyd olunur ki, “Melmet L-10” əlavəsi 0,3% istifadə olunduqda sement xəmirinin tutmasının başlanğıcını və sonunu uyğun olaraq 15-20 dəq. və 20-30 dəq. uzadır. Tədqiqat 3 növ sementlə aparılıb. Digər işlərdə təsdiq olunur ki, superplastikləşdirici əlavəsi ilə sementin tutma müddəti bir

qədər artır, lakin bərkimənin ləngiməsi 30-60 dəqiqəni keçmir. C-3 əlavəsinin tətbiqi [62] sement xəmirinin və betonun bərkiməsini ilk 3-6 saatda ləngidir. Lakin 1-2 gündən sonra hidratasiya prosesi intensivləşir, uyğun olaraq möhkəmlik də artır. Superplastikləşdirici əlavəli sement xəmirinin istilik ayrılmasının və plastik möhkəmliyinin öyrənilməsi sement xəmirinin hidratasiya prosesinin ləngiməsini təsdiq edir. Müxtəlif superplastikləşdiricilərin alitin və sementin hidratasiyasına təsirinin kalorimetrik tədqiqi [64] də eyni nəticələri vermişdir.

Son illərdə beton üçün səmərəli plastikləşdirici əlavələrin çeşidi əhəmiyyətli dərəcədə artmışdır. Ənənəvi texniki liqnosulfonatların (C-3) modifikasiyası yolu ilə alınan yeni əlavələr işlənir və istifadə olunur ki, bu da ikinci nəsil plastikləşdiricilərin yaranmasına gətirir ( ЛСТМ-2, СМЛ, НИЛ-21 və s).

Kimyəvi əlavələrin adi portlandsement betonlarında tətbiqi kifayət qədər yaxşı öyrənilmişdir. Lakin tərkibində yüksək miqdarda müxtəlif mənşəli mineral-aktiv əlavələr olan, spesifik xassələrə malik qarışıq yapışdırıcıların istifadəsi xüsusi diqqət və öyrənilmə tələb edir.

Bütövlükdə, hələ də kimyəvi əlavəli betonun bərkimə prosesini idarə etmək çətindir. Müxtəlif sementlər üçün hidratasiyanın kritik sürətinin, növündən və miqdarından asılı olaraq əlavələrin səmərəliliyinin bilinməməsi ona gətirir ki, eyni birləşmə bir halda möhkəmliyin artmasına, digər halda isə əksinə - onun azalmasına gətirir.

İstilik emalı zamanı bərkimə prosesinin sürətlənməsi qızdırılma dövründə baş verir, sonra beton daha aşağı temperatur mühitinə düşür. Bu zaman onun hidratasiya prosesi ləngiyir. Bir qayda olaraq qızdırıldıqdan sonra kifayət qədər intensiv bərkiyən qarışıq yapışdırıcı betonlar istisna təşkil edir. Qızdırılmadan sonra bərkimənin ləngiməsi yaxud qurtarması hazırda çox vaxt sementin səmərəsiz sərfi ilə istilik emalından dərhal sonra marka möhkəmliyinin alınması ilə kompensasiya olunur. Bununla belə, istilik emalının mənfi nəticələrini müxtəlif əlavələr daxil etməklə də aradan qaldırmaq olar.

Beton qarışığının su tələbatının azalması betonun sıxlığının, şaxtayadavamlılığının, sukeçirməzliyinin və çatadavamlılığının artması, çökmə deformasiyasının səviyyəsinin azalması betona plastikləşdirici əlavələrin daxil edilməsi hesabına əldə edilir.

Beləliklə, superplastikləşdiricilərin əlavə edilməsi zamanı təkcə onun beton qarışığının axıcılığına təsirini deyil, həm də tutma müddətinə, bərkiməsinə və betonun möhkəmliyinin və digər fiziki-mexaniki xassələrin asılı olduğu reaksiyaların nəticələrini öyrənmək lazımdır.

Tədqiqatlar 400 markalı portlandsementi və çovdar daşını xüsusi səthi 500 m<sup>2</sup>/kq olana kimi birlikdə üyütmək yolu ilə alınan yapışdırıcı ilə aparılır.

Plastikləşdiricilər məhlul qarışığına həm su ilə qarışdırılan zaman, həm də üyüdülmə zamanı qatılır.

Qarışıqın hazırlanması, axıcılığın sınılanması, 4x4x16 sm ölçülü tircik nümunələrinin qəliblənməsi ГОСТ 310-81-ə əsasən aparılır. Nümunələrin istilik emalı laboratoriya buxar kamerasında aşağıdakı rejimdə aparılır: 3 saat saxlama, 3 saat – temperatur 95 °C –dək qaldırılır, 6 saat – izotermik emal, 3 saat – 35-40 °C-dək soyutma.

Tərkibində çovdar daşı olan qarışıq yapışdırıcının fərqli xüsusiyyəti yüksək su tələbatıdır. Qarışıq yapışdırıcının su tələbatının azaldılmasını plastikləşdirici əlavələrin istifadəsi hesabına əldə etmək olur. Tədqiqat üçün çox sayda plastikləşdirici əlavələrdən daha səmərəli olan ikisi seçilmişdir: C-3 superplastikləşdiricisi və linamiks SP -120.

Superplastikləşdiricinin qarışıq yapışdırıcının əsas xassələrinə təsirinin öyrənilməsi zamanı, C-3 –ün miqdarı yapışdırıcının kütləsinin 0,7-2 %-i , linamiks SP -120 0,6-1%-i miqdarında qəbul olunmuşdur. Əlavələr həm su ilə qarışdırılan zaman, həm də 50% çovdar daşından ibarət yapışdırıcının üyüdülməsi zamanı daxil edilir. Linamiks SP -120 ləngidicisi qatılmış qarışıq yapışdırıcı koaqulyasiyalı quruluş əmələ gəldikdən sonra istilik emalına uğradılır. Tədqiqatın nəticələri cədvəl 3.5-də verilmişdir.

Cədvəl 3.5

SP-nin növünün və əlavə edilmə üsulunun qarışıq yapışdırıcının möhkəmlik xassələrinə təsiri

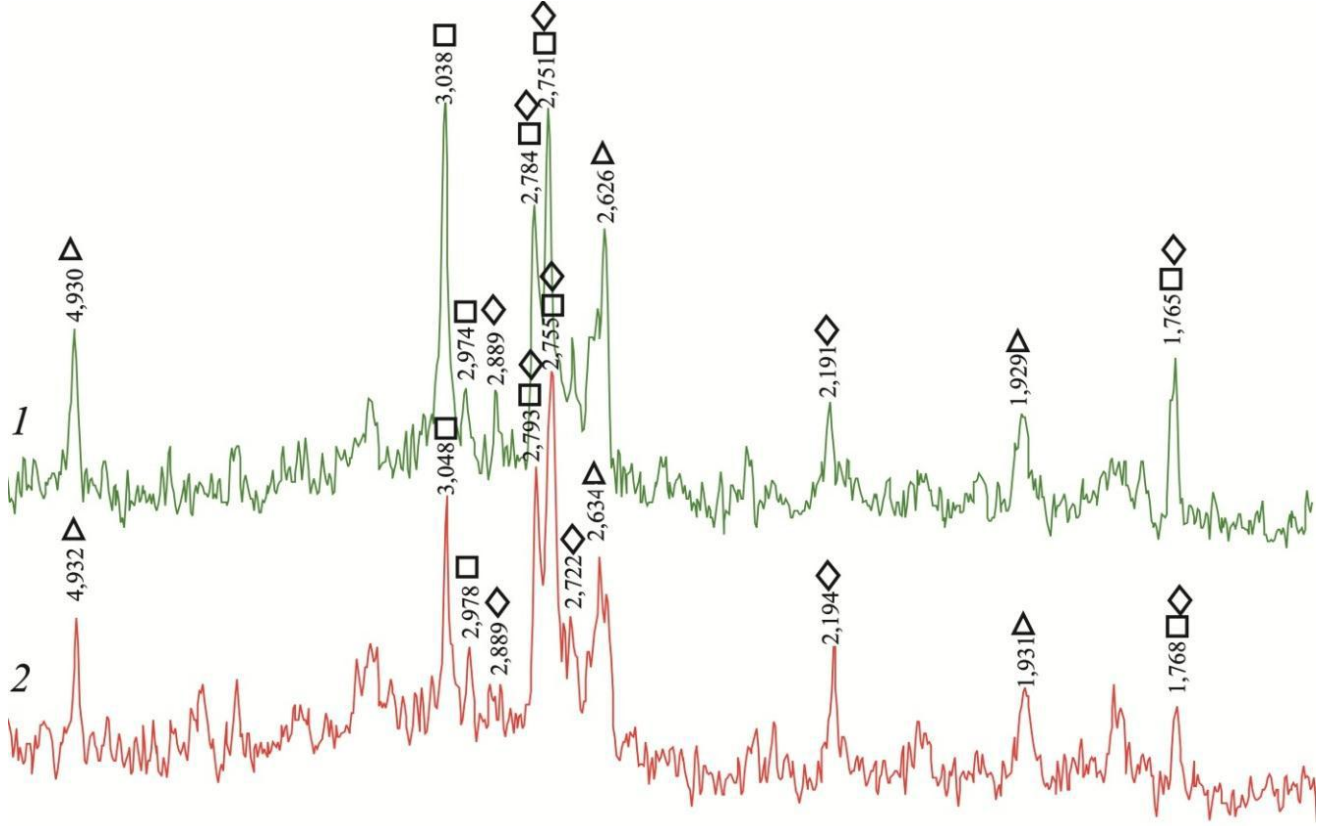
	Termiki emaldan sonra möhkəmlik həddi
--	---------------------------------------

SP miqdarı, %	Əyilmədə (Mpa, %)	Sıxılmada (Mpa, %)
Əlavəsiz tərkib	4.8/100	29.0/100
C-3 -0,7% su ilə qarışdırılan zaman	5.71/115	34.5/119
C-3 -1 % su ilə qarışdırılan zaman	5.5/115	30.7/106
C-3 -1,5% üyüdülmə zamanı	6.95/145	38.1/131
C-3 -1 % üyüdülmə zamanı	7.05/147	38.4/132
Linamiks SP-120-0,6% su ilə qarışdırılan zaman	5.60/117	33.9/117
Linamiks SP-120- 1 % su ilə qarışdırılan zaman	4.9/102	29.5/102
Linamiks SP- 120 - 0,6% üyüdülmə zamanı	6.10/127	35.1/121
Linamiks SP - 120- 1% üyüdülmə zamanı	6.70/140	36.5/126

Bu halda C-3-ün tətbiqi zamanı sıxılmada möhkəmlik 32%, əyilmədə 47%, linamiks SP -120 –nin tətbiqi zamanı isə sıxılmada 26%, əyilmədə 40% artır. Eyni zamanda, əlavənin yapışdırıcının tərkibinə su ilə qarışdırılması zamanı (narın üyüdülmüş çoxkomponentli sementlər) daxil edilməsi C-3-ün tətbiqi zamanı sıxılmada və əyilmədə möhkəmliyi 19% və uyğun olaraq linamiks SP -120 –də 17% artırır. Görünür ki, bu yapışdırıcının mexaniki aktivləşməsi zamanı hissəciklərin səthində aktiv mərkəzlərin yaranmasına superplastikləşdiricilərin təsiri ilə izah olunur.

### **3.4. Çovdar daşının termiki emal məhsulunun sementin hidratasiyasına və quruluşunun formalaşmasına təsiri**

Çovdar daşının sementin faza tərkibinə təsiri rentgen faza analizinin köməyi ilə aparılmışdır (şəkil 3.3).



Şəkil 3.3. Rentgenoqramma

1 – sement daşı; 2 – sement + 20 % Çovdar daşının termiki emal məhsulu

Δ – Ca(OH)<sub>2</sub>; □ – C<sub>3</sub>S; ◇ – C<sub>2</sub>S

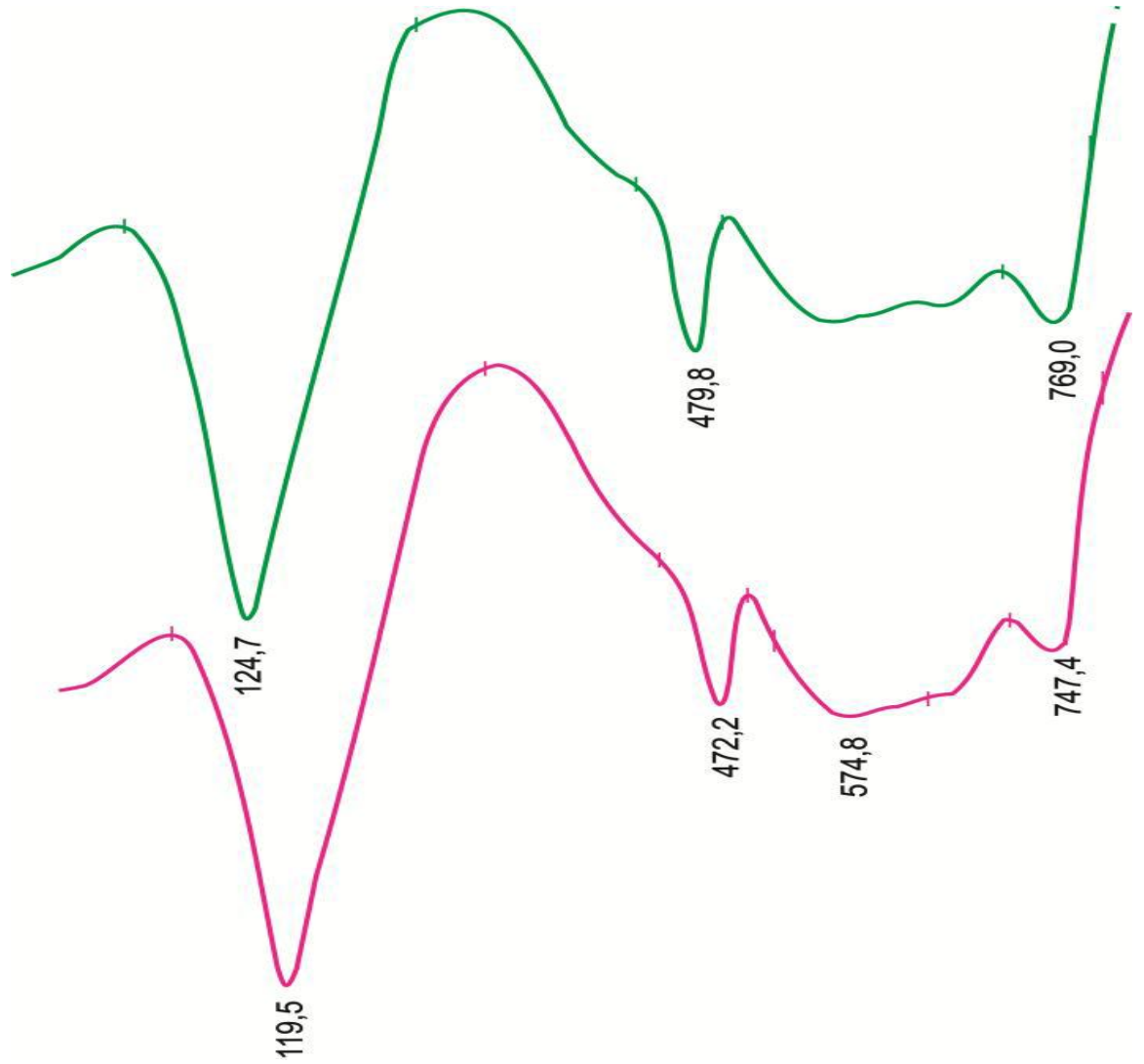
Çovdar daşının termiki emal məhsulunun iştirakı ilə sement daşının rentgen analizi göstərdi ki, klinker minerallarına xas olan piklərin intensivliyi azdır (C<sub>3</sub>S  $d/n = 3,04; 2,97; 2,78; 2,74; 2,75; 2,61; 2,18; 1,77$  Å; C<sub>2</sub>S  $d/n = 2,89; 2,67; 2,72; 2,76; 2,75; 2,78; 1,77$  Å). Bu əlavənin qatılması zamanı hidratasiya prosesinin intensivləşməsi ilə əlaqədardır. Həmçinin hidratasiya zamanı portlandit və yuxarı əsaslı hidrosilikatların

azalması müşahidə olunur. Bu portlanditə xas olan piklərin intensivliyinin azalması ilə müəyyən edilmişdir.

Təmiz sement daşının və Çovdar daşının termiki emal məhsulunun əlavə edilməsi ilə alınmış sement daşının termiki analizindən görünür ki, 3 əsas endotermik effekt yaranır.  $124,5^{\circ}\text{C}$  (səkil 3.4., a) və  $119,5^{\circ}\text{C}$  (səkil 3.4., b) temperaturlarda yaranan birinci endotermik effekt helvari hidratasiya məhsullarında olan adsorbsiya suyunun itirilməsi ilə əlaqədardır. Əlavə qatılmış nümunədə bu effektin sahəsinin azalması helin kristallik fazaya keçməsi ilə onun miqdarının azalması hesabına yaranır.

$479,8^{\circ}\text{C}$  (səkil 3.4., a) və  $472,2^{\circ}\text{C}$  (səkil 3.4., b) temperaturlarda yaranan ikinci endotermik effekt portlanditin dehidratasiyasına uyğun gəlir. Bu pikin əlavəsiz sement daşının termoqramındakı sahəsinin artması portlanditin miqdarının yüksək olması hesabına olur.

Üçüncü endotermik effekt  $769,0^{\circ}\text{C}$  (səkil 3.4., a) və  $747,4^{\circ}\text{C}$  (səkil 3.4., b) kalsitin parçalanmasına uyğun gəlir. Bundan başqa əlavəli sement daşında  $574,8^{\circ}\text{C}$ -də (səkil 3.4., b) bir dənə də endoeffekt yaranır. Bu yəqin ki, Çovdar daşındakı kaolinitin dehidratasiyasına uyğun gəlir.

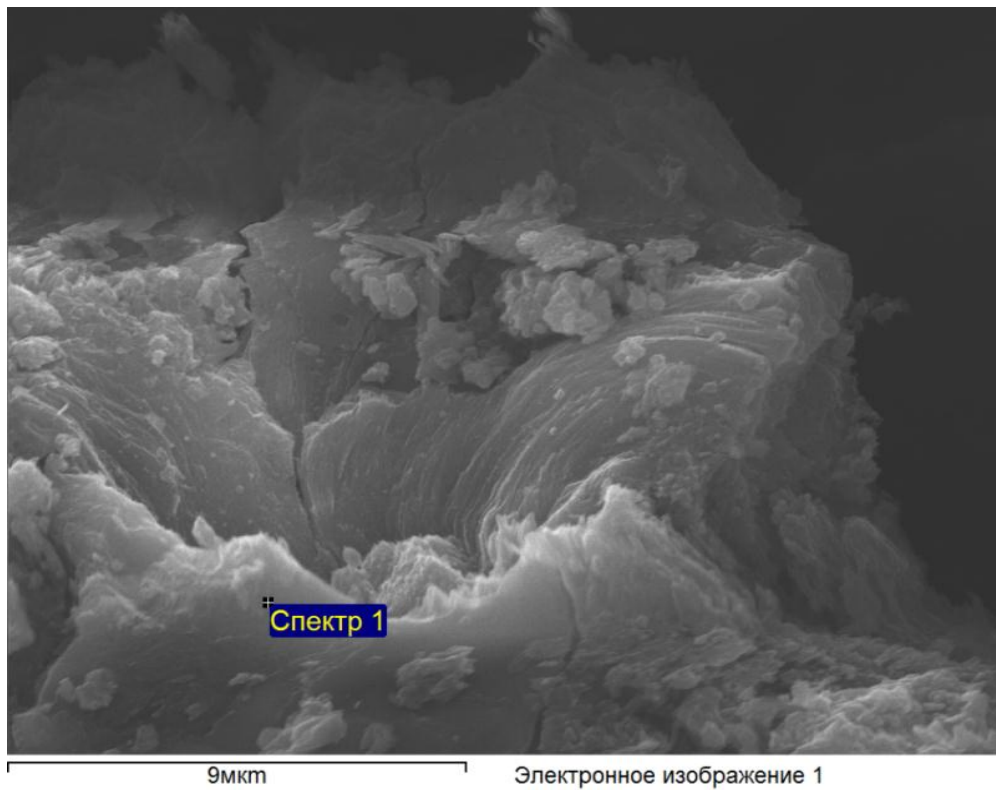


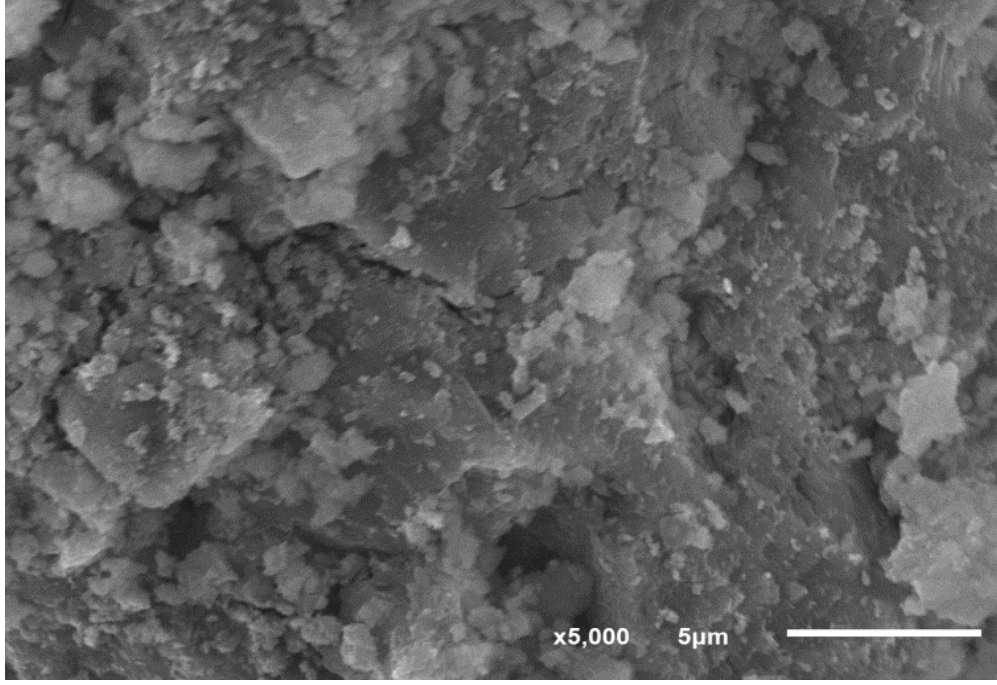
Şəkil 3.4. Termiki analiz

1 – sement daşı; 2 – sement + 20 % Çovdar daşının termiki emal məhsulu

Çovdar daşının termiki emal məhsulunun tətbiqi ilə hazırlanmış sement daşının mikroquruluşunun elektron mikroskopu vasitəsi ilə tədqiqi göstərdi ki, sementin hidratasiyası zamanı yeni əmələ gələn fazaların tərkibi əlavəsiz sement daşına nisbətən (şəkil 3.5) əlavəli sistemdə əsasən aşağı əsaslı hidrosilikatlardan ibarət olur (şəkil 3.6).

Belə hidrosilikatların yaranması ilə sistemin mikroquruluşu eynicins olur. Bu isə sement əsasında alınmış məmulatların uzunömürlü olmasını təmin edir.





Şəkil 3.6. Çovdar çini daşının termiki emal məhsulunun istifadəsi ilə alınmış sement daşının mikrostrukturunu (28 gün)

Bir-birinə sıx yerləşmiş narin dispers doldurucular əsasında yaranmış hidrosilikatlar sement daşının korroziyaya dayanıqlılığını xeyli artırır.

## ÜMUMİ NƏTİCƏLƏR

1. Çovdar daşından mineral aktiv əlavə almaq üçün optimal emal rejimi müəyyən olunmuşdur.
2. Müəyyən edilmişdir ki, Çovdar daşının termiki emal məhsulu tutma müddətinə, suvadavamlılığına və həcmi müntəzəm dəyişilməsinə görə mineral aktiv əlavələrə qoyulmuş tələbləri tamamilə ödəyir. CaO udmasına görə aktivliyi 85 mq/q olur.
3. Sement sistemlərində laylanmanın qarşısını almaq üçün narın dispers doldurucu kimi Çovdar daşının termiki emal məhsulunun istifadəsinin mümkünlüyü müəyyən edilmişdir.
4. Sement sistemlərinin plastikliyini və axarlılığını təmin etmək üçün superplastikləşdirici kimi naftalin-formaldehid əsasında olan oliqomerlərdən C-3 və linamiks SP-120 istifadə olunmuşdur.
5. Sement sistemlərində qarışıqların uyğunluğunu və bircinsliliyini təmin etmək üçün üzvi maddənin və Çovdar daşının termiki emal məhsulunun lazımi miqdarları müəyyənləşdirilmişdir.
6. Müəyyən edilmişdir ki, Çovdar daşının termiki emal məhsulunun mineral aktiv əlavə kimi optimal miqdarı sementin çəkisinin 15-20 %-i miqdarında olur.
7. Yüksək fiziki-texniki xassəli komponentlər əsasında alınmış qarışıq yapışdırıcının səmərəli tərkibi alınmış və aşkar olunmuşdur ki, Çovdar daşının termiki emal məhsulu sement sistemlərinin strukturunu nizamlayaraq hidrat birləşmələrin

optimal tərkibini almağa v  aŐađı əsaslı hidrosilikatların yaranması ilə daha möhkəm və keyfiyyətli məmulatların alınmasına imkan verir.

8.  ovdar daŐının termiki emal məhsulu və superplastifikleŐdirici əsasında hazırlanmıŐ modifikatorlar sement sistemlərinin möhkəmliyini v  Őaxtaya, korroziyaya dayanıqlıđını yüksəltməklə bərabər beton qarıŐıđında armaturun korroziyası ilə bađlı məsələləri aradan qaldırır.

## İSTİFADƏ OLUNAN ƏDƏBİYYATLAR

1. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л., Кочетов В.А. Основы бетоноведения – Санкт-Петербург: 2006. - 691с.
2. Баженов Ю.М. Технология бетонов. - М.: Высшая школа, 1978. - 455 с.
3. Изотов В.С. Формирование структуры и свойств бетонов на активированных смешанных вяжущих.// Дисс.док. тех. наук - Казань, 2004-431 с.
4. Nai- Quian Feng, Du - Zhi Li, Xuan - wu Zang. High-strength and flowing concrete with a zeolitic mineral admixture.// Cement, concrete and aggregates. - 1990. - Vol.2, №2. - P.61-69.
5. Лесовик В.С., Агеева М.С., Иванов А.В. Гранулированные шлаки в производстве композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2011, №3, с. 29-32.
6. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона - М.: Стройиздат, 1981. - 464с.
7. Белов В.В. Субботина С.Л. Куляев П.В. Прочностные и деформативные свойства бетонов с карбонатными микронаполнителями // Строительные материалы, 2015, №3, с. 25-28.
8. Тарасова В.Н., Довжик В.Г. Эффективность применения тонкомолотых цементов с различными микро наполнителями и пластифицирующими добавками // Экономия цемента и повышение качества бетона в производстве сборного железобетона. М.: МДНТП им. Ф.Э. Дзержинского, 1990. С. 65-70.

9. Использование отходов в цементной промышленности.// Труды НИИ Цемент. - М.: 1982. Вып.69. - 143с.
10. Хозин В.Г., Изотов В.С., Морозова Н.Н. Вяжущие для бетонов с использованием местной минеральной добавки // Современные проблемы строительного материаловедения / Шестые Академические чтения РААСН. Иваново, 2000. С. 571-664.
11. Гувалов А.А., Аббасова С.И., Кузнецова Т.В. Улучшение структуры высокопрочного бетона с применением модификаторов. // Строительные материалы, №12, 2015. С.78-81.
12. Albinger J.M. Fly ash for strenght and economy // Concr, Int. Des. And Concr. 1984. №4. P. 32.
13. Шестоперов СВ. Пути решения проблемы экономии цемента.// Сб. научн. трудов МАДИ «Автомобильный транспорт и дорожное строительство» - М.:1980.-С.24-26
14. Болдырев А.С. К итогам VII Международного конгресса по химии цемента.// Цемент.- 1980.- X212.-С.1-3.
15. Кашапов Р.Р., Красиникова Н.М., Морозов Н.М., Хозин В.Г. Влияние комплексной добваки на твердение цементного камня // Строительные материалы, 2015, №5, с. 27-30.

16. Бобрыщев А.Н., Макридин Н.И., Соломатов В.И. Явление самоорганизации в твердеющих цементных системах / Приволжский дом научно-технической пропаганды. Пензенский инженерно - строительный институт. - Пенза, 1989. -34 с.
17. Кузнецова Т.В. IX Международный Конгресс по химии цемента.// Цемент.- 1993.-М2.-С.4-7.
18. Сталькин А.В., Комохов П.Г. Высокопрочные автоклавные бетоны на основе извешкво-кремнеземистых вяжущих - М.: Стройиздат, 1981. - 238с.
19. Жолнерович В.Г., Кудинов В.А. Повышение;эффективности использования портландцемента в золонаполненных вяжущих//Строительные материалы.- 1998. №2.- С. 26-27.
20. Оптимизация состава бетона с дисперсными минеральными добавками/ Высоцкий С.А., Бруссер М.И., Смирнов В.Н., Царих А.М.//Бетон и железобетон, 1990, №2.-С. 7-9.
21. Малинина Л.А. Состояние и перспективы развития бетоноведения тяжелого бетона // Тезисы доклада 2-й межрегиональной конференции ассоциации «Железобетон». М.:НИИЖБ.-1995.
22. Ощепков И.А., Худоносова З.А. Активизация вяжущих свойств высококальциевых зол-уноса тепловых электростанций и перспектива

- экономии цемента в строительстве// Известия вузов. Строительство.-1995. №12.-С. 64-69.
23. Дмитриев А.М., Тимашев В.В, Теоретические и экономические основы технологии многокомпонентных цементов //Цемент.-1981.-М 10.- С. 1-2.
24. Малинина Л. А. Проблемы производства и применения многокомпонентных цементов. //Бетон и железобетон.-1990.-№ 2.-С3-5.
25. Экономия энергии путем введения добавок в цемент.//81Иcale8 industriels. 1985.-№9.-С.10.
26. Братчиков В.Г., Холодный В.А., Выродов В.И. и др. Поризованный керамзитобетон, модифицированный ПГПФ // Тезисы докладов республиканского семинара "Расширение объемов использования вторичных сырьевых ресурсов при производстве строительных материалов и изделий. - Киев, 1986.- С.62-64.
27. Батраков В.Г., Каприелов С.С, Шейнфельд А.В. Эффективность применения ультрадисперсных отходов ферросплавного производства //Бетон и железобетон. -1989. - N8. - С.24-25.
28. Изотов В.С. Формирование структуры и свойств бетонов на активированных смешанных вяжущих.// Дисс.док. тех. наук - Казань, 2004-431 с.

29. Копаница Н.О., Аниканова Л.А., Макаревич М.С. Тонкодисперсные добавки для наполненных вяжущих на основе цемента Строительные материалы, 2002, №9, с 2-3.
30. Комохов П.Г. О бетоне XXI века. Современные проблемы строительного материаловедения: Материалы 7 академических чтений РААСН, Белгород. 2001, с. 243-249.
31. Дмитриев А.М., Юдович Б.Э., Тарнаруцкий Г.М. Производство смешанного вяжущего нового поколения // Новые вяжущие материалы и их применение. - Новосибирск. 1991.-С. 21-22.
32. Урханова Л.А. Активированные известково-кремнеземистые вяжущие и изделия на их основе.// Дисс.. канд. тех. наук - М., 1995 -176 с.
33. Quvalov A.A. Üzvi və mineral əlavələrin sement sistemlərinin quruluş əmələgətirməsində rolu. Monoqrafiya, İSBN 5-8066-1319-4, Bakı- "Elm"- 2011. – 158 s.
34. Массача Ф. Химия пуццолановых добавок и смешанных цементов//Шестой Международный конгресс по химии цемента. - М.: Стройиздат.1976.- Т.3.- Цементы и их свойства. - С. 209-221.
35. Хозин, В.Г. Общая концентрационная закономерность эффектов наномодифицирования строительных материалов / В.Г. Хозин, Л.А.

- Абдрахманова, Р.К. Низамов // Строительные материалы.–2015.–№2.–С. 25-33.
36. Mechtcherine V., Muller H. S.: Fracture behaviour of High Performance Concrete. Finite Elements in Civil Engineering Applications, M.A.N. Hendriks & J.G. Rots (eds.), Balkema Publishers, Lisse, The Netherlands, pp. 35–44, 2002.
37. Ткач Е.В. Модификаторы в строительной технологии.–Караганда: 2006 .-156 с.
38. Бердов, Г.И. Влияние вида и количества минеральных добавок на прочность цементного камня / Г.И. Бердов, Л.В.Ильина // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2010. –№9. – С. 87 -91.
39. Фисенко В.А. Определение и классификация. В сборнике «Химические и минеральные добавки в бетон» -Х.: Колорит, - 2005 с. 52-56.
40. Силина, Е.С. Свойства бетонных смесей с модификатором бетона МБ–01 / Е.С. Силина, А.В. Шейнфельд, Н.Ф. Жигулев, С.Т. Борыгин // Бетон и железобетон. - № 1. – 2000. - С.3–6.
41. Koivupalo Antti. Nesteytetyn betonin ominaisuuksista ja Kaytookonteista. - Rekennastekniikka, 1977, n.33, №5, s.323
42. Batrakov, V.G. Influence of Different Types of Silica Fume Having Varying Silica Content on the Microstructure and Properties of Concrete / V.G. Batrakov, S.S. Kaprielov, A.V. Sheinfeld // The Fourth International Conference Fly Ash, Silica

- Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete: Proceedings, V.12 - Istanbul, Turkey, 1992. – P.943–964.
43. Фисенко В.А. Микрокремнезем как активная минеральная добавка. В сборнике «Химические и минеральные добавки в бетон» -Х.: Колорит, - 2005 с. 57-60.
44. Bulgakova, M.G. High–Strength Silica Fume Containing Gunite for Reinforced Concrete Structures and Protective Reconstruction Coatings / M.G. Bulgakova, S.S. Kaprielov // The International Conference in Sheffield Blended Cement in Construction: Proceedings, Elsevier Applied Science - UK. - 1991. – P.492–506.
45. Крекшин В.Е. О влиянии тонкодисперсных фракций песка на микроструктуру бетона // Соверш. стр-ва назем, объектов нефт. и газ. пром-ти. Сб. науч. трудов НПО «Гидротрубопровод».- М., 1990.- С.23-26.
46. Əliyev C.V. Kaolinləşdirilmiş süxurların özüyərləşən betonlarda narın dispers doldurucu kımı tədqiqi. Mag. dis., Bakı 2016, 57 s.
47. Quvalov A.A. Modifikatorların tərkibinin və xassələrinin nizamlanması ilə sement sistemlərinin quruluş əmələgətirməsinin idarə edilməsi. Dok. dis., Bakı 2014, 424 s.
48. Мчедлов-Петросян О.П. Химия неорганических строительных материалов – М.: Стройиздат, 1988. -304 с.

49. Yusifov İ.M. Beton və dəmir-beton məmulatlarının texnologiyası, “Bakı”-1998, 392s.
50. Каушанский В.Е., Самощенко Л.С. Получение цемента с активными минеральными добавками на основе алюмосиликатных горных пород. Цемент, 2000. №3, с. 28-30
51. Крамар, Л.Я. Оптимизация структуры и свойств цементного камня и бетона введением тонкодисперсной добавки аморфного кремнезема: Автореферат дисс. на соиск. уч. степ. к.т.н. / Л.Я. Крамар. – М., 1989. – 17 с.
52. Shi Caijun, Day Robert L. Pozzolanic reaction in the presence of chemical activators. Pt II . Reaction products and mechanism Cem.and Concr. Res. 2000. 30, с. 607-613
53. Ушеров-Маршак А.В., Златковский О.А., Циак М. Совместимость цементов с химическими и минеральными добавками // Цемент. - 2003. – №2. - С. 38-40.
54. Ушеров-Маршак А.В., Златковский О.А., Циак М. Совместимость цемента с химическими и минеральными добавками. Цемент и его применение. 2003, №1, с.38-40.
55. Swamy, R. N. Role and effectiveness of mineral admixtures in relation to alkali-silica reaction / R. N. Swamy // The alkali-silica reaction in concrete. – Glasgow and London: Blackie and Son Ltd, 1992. – P. 144 – 170.

56. Detwiler R, Mehta P.K. Chemical and Physical Effects of Silica Fume on the Mechanical Behavior of Concrete // ACI Materials Journal -1989. – Nov - Dec. pp 609-614.
57. Русина, В.В. Закономерности формирования состава и свойств микрокремнезема / В.В. Русина // Бетон и железобетон. – № 3, 2009. –С. 20-23.
58. B.S.Sərdarov, A.A.Quvalov, S.İ.Ağayeva «Yarışdırıcı materialların kimyəvi texnologiyası» Bakı – 2000. -306 s.
59. Ратинов В.Б., Роземберг Т.И. Добавки в бетон. – М.: Стройиздат, 1989. -188с.
60. Quit flows the concrete. - Civil Engineering, 1977, March. - p.200.
61. Иванов Ф.М., Батраков В.Г. Исследование и применение бетонов с суперпластификаторами М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1982, -157с.
62. Гувалов А.А. Влияние полиарилсульфонсульфонатного суперпластификатора на свойства цементных композиций: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1987, 16 с.
63. Иванов Ф.М. Бетоны с эффективными суперпластификаторами. Сборник научных трудов НИИЖБ, М.,1979.- 227с.
64. Ушеров-Маршак А.В. Калориметрия цемента и бетона –Х.; Факт, 2002, - 183с.
65. Odler L, Becker Th. Effect of some liquefying agents on properties and hydration of Portland cement and tricalcium silicate pastes. - Cem. And Concr. Res., 1980, v.10, 136 p.321-331.

66. Koivupalo Antti. Nesteytetyn betonin ominaisuuksista ja Käyttöasteista. -  
Rakennustekniikka, 1977, n.33, №5, s.323.