

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN MEMARLIQ VƏ İNŞAAT UNİVERSİTETİ

Əlyazma hüququnda

Yusubova Əsmər Elxan qızı

**HİPERPLASTİKLƏŞDİRİCİLƏRİN TƏTBİQİ İLƏ ƏHƏNG-
PUSSOLAN YAPIŞDIRICISININ XASSƏLƏRİNİN
YAXŞILAŞDIRILMASI**

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

MAGİSTR DİSSERTASİYASI

**Elmi rəhbər: Texnika elmləri doktoru,
professor A. A. QUVALOV**

BAKI-2017

M Ü N D Ə R İ C A T

İşin ümumi xarakteristikası..... 4

Giriş7

FƏSİL 1. Ədəbiyyatların analitik şərh

1.1. Əhəng -pussolan yapışdırıcının istehsalında əsas komponent

olan mineral əlavələr.....9

1.2. Plastifikatorlar və onların sement sistemlərinə təsiri.....18

FƏSİL 2. İstifadə olunan materiallar və tədqiqat üsulları

2.1 İstifadə olunan materiallar31

2.2. Tədqiqat metodları.....33

FƏSİL 3. Hiperplastikləşdiricilərin tətbiqi ilə əhəng- pussolan

yapışdırıcısının xassələrinin yaxşılaşdırılması

3.1. Mineral-aktiv əlavələr əsasında istehsal olunan

əhəng-pussolan yapışdırıcısının tərkibi.....39

3.2. Hiperplastifikatorun əhəng-pussolan yapışdırıcısının üyüdülmə

narınlığına təsiri.....41

3.3. Hiperplastifikatorun əhəng-pussolan yapışdırıcısının

quruluş əmələgətirməsinə təsiri.....43

3.4. Hiperplastifikatorun yapışdırıcı xəmirinin plastiki möhkəmliyinə təsiri.....	46
3.5. Hiperplastifikatorun əhəng-pussolan yapışdırıcısının xassələrinə təsiri.....	48
Ümumi nəticələr.....	57
Ədəbiyyat.....	59

İşin ümumi xarakteristikası

Aktuallıq. Müasir şəraitdə yanacaq enerji məsrəflərinin azaldılması istiqamətində atılan addımlardan biri də tikinti materialları istehsalında az enerji tələb olunan məhsulların istehsalını artırmaqdır. Portlandsementin istehsalı zamanı külli miqdarda enerji sərf olunur. Ona görə də son zamanlar tərkibində mial-aktiv əlavənin miqdarı 80%-ə çatan kompozisiya yapışdırıcılara üstünlük verilir. Kompozisiya materiallarının keyfiyyətinin yüksəldilməsi, çeşidinin genişləndirilməsi, müasir tələblərə cavab verən yeni yapışdırıcıların o, cümlədən turş vulkan süxurları əsasında qarışıq yapışdırıcıların alınması istiqamətində aparılan tədqiqatlar öz aktuallığı ilə fərqlənir. Kompozisiya yapışdırıcısı kimi əhəng-pussolan yapışdırıcısının istehsalına sərf olunan enerji sərfi portlandsementə nisbətən bir neçə dəfə az olur. Lakin belə yapışdırıcıların su tələbinin çox, aktivliyinin az, havayadavamlılığının isə zəif olması kimi bir sıra mənfi cəhətlərə malikdir. Məlumdur ki, yapışdırıcının keyfiyyətinin və texniki iqtisadi səmərəliliyinin yüksəldilməsinin əsas yollarından biri müxtəlif kimyəvi əlavələrin tətbiqidir. Kimyəvi əlavə kimi geniş tətbiq olunan maddələrdən ən səmərəli və perspektivliləri sementə xüsusi xassələr verə bilən müxtəlif plastikləşdiricilərdir.

Yapışdırıcıya quru maddə hesabı ilə kütləsinin 0,2-1,0% miqdarında qatılan plastikləşdirici əlavələr sement məhlullarının reoloji xassələrini nizamlayır, bərkimə zamanı gedən hidratasiya və hidroliz proseslərinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərərək, onun inşaat-texniki xassələrinin yüksəldilməsini təmin

edir. Ona görə də hiperplastifikatorun tətbiqi ilə əhəng-pussolan yapışdırıcısının xassələrinin və quruluş əmələgətirməsinin öyrənilməsi aktualdır.

Tədqiqatın məqsədi. Hal-hazırkı tədqiqat işinin məqsədi hiperplastifikatorun tətbiqi ilə əhəng-pussolan yapışdırıcısının quruluş əmələgətirməsinin idarə olunması və xassələrinin yaxşılaşdırılmasıdır.

Qoyulmuş məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı məsələlərin həll həll edilməsi tələb olunur:

- Əhəng-pussolan yapışdırıcısının tərkib hissəsi kimi vulkan külünün narınlığından asılı olaraq onun kompleks qiymətləndirilməsi;
- Hiperplastifikatorun əhəng-pussolan yapışdırıcısının narınlığının artırılmasına təsirinin tədqiqi;
- Hiperplastifikatorun əhəng-pussolan yapışdırıcısının reoloji xassələrinə və quruluş əmələgətirməsinə təsirinin tədqiqi;
- Hiperplastifikatorun qatılması ilə əhəng-pussolan yapışdırıcısının keyfiyyət xüsusiyyətlərinin yaxşılaşdırılması.

Elmi yenilik. Məlum edilmişdir ki, hiperplastifikatorları əhəng-pussolan yapışdırıcısının hazırlanması prosesində verirdə yapışdırıcının narınlığını, reoloji xassələrini və quruluş əmələgətirməsinə lazımı istiqamətdə nizamlamaq olur.

Təcrübi əhəmiyyəti. Yerli vulkan süxurları və hiperplastifikator əsasında səmərəli əhəng-pussolan yapışdırıcı tərkibləri işlənilmişdir. Hazırlanmış tərkiblər əsasında yüksək möhkəmlikli əhəng-pussolan yapışdırıcısı istehsal etmək mümkündür. Yerli xammallardan istifadə etməklə mexaniki möhkəmliyini lazımı

səviyyədə saxlamağa imkan verən əhəng-pussolan yapışdırıcı hazırlanmışdır. Hazırlanmış əhəng-pussolan yapışdırıcı keyfiyyəti ilə bərabər, həm də ucuz xammalın tətbiqi nəticəsində maya dəyərini azalmasına imkan yaranır.

Müəllif aşağıdakıları müdafiə edir:

- əhəng-pussolan yapışdırıcısının üyüdülmə narınlığının onun pussolan aktivliyinə təsirini;
- hiperplastifikatorun təsiri ilə yapışdırıcının reoloji xüsusiyyətlərinin yaxşılaşdırılmasını;
- hiperplastifikatorun təsiri ilə yapışdırıcının quruluş əmələgətirməsinin nizamlanmasını;
- vulkan külünün və hiperplastifikatorun tətbiqi ilə alınmış əhəng-pussolan yapışdırıcısının möhkəmlik göstəricilərinin dəyişmə qanunauyğunluqlarını.

Dissertasiyanın aprobasiyası. İşin əsas məsələləri Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin magistrantların və tələbələrin XXXI, XXXII elmi-praktiki konfranslarında müzakirə olunub.

- **İşin strukturu və həcmi.** Dissertasiya işi ümumi xarakteristika, giriş, 3 - fəsil, ümumi nəticələr və ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Dissertasiya – 66 səhifədən, 12 şəkil və 14 cədvəldən ibarətdir.

GİRİŞ

Portlandsementə nisbətən bir neçə dəfə az enerji sərfi olunan məhsulların keyfiyyətini yüksəltmək, çeşidini genişləndirmək, müasir tələblərə cavab verən yeni materialların istehsalını artırmaq üçün geniş tədqiqatlar aparılır. O, cümlədən turş vulkan süxurları əsasında əhəng-pussolan yapışdırıcılarının (əhəng-pussolan yapışdırıcısı əhəng, silikat komponenti və xüsusi kompleks əlavələrin qarışığı) alınması istiqamətində aparılan tədqiqatlar öz aktuallığı ilə fərqlənir. Lakin belə yapışdırıcıların bir sıra mənfi cəhətləri vardır: onların su tələbi yüksək, aktivliyi az, havayadavamlılığı isə zəifdir.

Yapışdırıcı maddələrin keyfiyyətinin və texniki iqtisadi səmərəliliyinin yüksəldilməsinin əsas yollarından biri yapışdırıcıya adsorbsiya mexanizmi ilə təsir edən müxtəlif plastikləşdirici əlavələrin qatılmasıdır.

Yapışdırıcıya cüzi miqdarda plastikləşdirici əlavənin qatılması onun reoloji xassələrini və quruluş əmələgətirməsini nizamlamağa imkan verir və yapışdırıcının inşaat-texniki xassələrinin yüksəldilməsini təmin edir.

Yapışdırıcının texnoloji və istismar xassələrini məqsədyönlü şəkildə nizamlaya bilən üzvi əlavələrə ilk növbədə plastikləşdirici əlavələr, o cümlədən super- və hiperplastikləşdiricilər aiddir.

Əvvəllərdən istifadə olunan plastikləşdirici əlavələr, əsasən, sənaye tullantıları olduğundan, tərkibləri dəyişkən olur, ona görə də həmişə lazımi effekt alınmır. Bu əlavələrin tərkibində olan qarışıqlar yapışdırıcının xassələrini məqsədli nizamlamağa müəyyən qədər maneçilik törədir. Bunun üçün sement sənayesində

böyük əhəmiyyət daşıyan xüsusi sintez yolu ilə alınmış oliqomer tərkibli superplastifikatorların və polimer tərkibli hiperplastifikatorların tətbiqi məqsədəuyğundur. Superplastifikatorlar sement materiallarının axıcılığını xeyli dərəcədə artırır, su-sement nisbətini 25...30% aşağı salmaqla möhkəmliyi 40...50 % artırır, eyni axıcılıqda və eyni möhkəmlikdə məmulat alınan zaman sementə 15...20 % qənaət etməyə imkan verir. Hiperplastifikatorlar daha yüksək effektə malik olduğuna görə hazırkı tədqiqat işində onların əhəng-pussolan yapışdırıcısının xassələrinə təsiri öyrənilmişdir.

Hiperplastifikatorların alınması, tətbiqi və təsir mexanizminin öyrənilməsinə külli miqdarda tədqiqat işləri həsr edilmişdir. Onlarda O.Okamuranın, J.Riegernin, K.A.Yamadanın, R.B.Bianın, C.W.Miaoun, W.Fanın, Y.M.Bajenovun, V.R.Falikmanın, A.V.Uşerov-Marşakın və s. dəyərli işlərini göstərmək olar.

FƏSİL 1. ƏDƏBİYYATLARIN ANALİTİK ŞƏRHİ

1.1. ƏHƏNG-PUSSOLAN YAPIŞDIRICININ İSTEHSALINDA ƏSAS KOMPONENT OLAN MİNERAL ƏLAVƏLƏR

Tədqiqatlar nəticəsində və istehsalat təcrübələri vasitəsilə məlum edilmişdir ki, sement narınlığına qədər üyüdülmüş və ya narın dispers halında olan təbii mineral maddələr sement sənayesində klinkerə xeyli qənaət etməyə imkan verdiyinə görə qiymətli xammal hesab olunur. Belə narın dispers materiallar aşağı və orta markalı beton və məhlulların hazırlanmasında tətbiq olunan yüksək markalı klinkerli sementlərin bir hissəsini əvəz edə bilər.

Beton və məhlul qarışığında tələb olunan axıcılığı təmin etmək üçün ağır betonlarda və inşaat məhlullarında klinkerli sementin bir hissəsini (30 %-ə qədərini) narın dispers mineral əlavələrlə əvəz etmək olar.

Ədəbiyyatların analizi göstərir ki, hazırda tətbiq olunan narın dispers əlavələr xassələrinin və alınma texnologiyalarının müxtəlifliyi ilə fərqlənirlər.

Müəyyən edilmişdir ki, mineral əlavələrin istehsalı üçün xammal kimi həm təbii, həm də texnogen mənşəli xammallardan [1,2], xüsusilə energetikanın (uçucu kül); qara metallurgianın (qəlib qumu, posa); kristallik kvars istehsalının tullantısı və s. kimi yan məhsullarından istifadə etmək olar.

Dənəvərləşdirilmiş donma posaları artıq 100 ildir ki, narın üyüdülmüş mineral əlavə kimi istifadə olunur [3,4].

Posanın hidravlik xassələri və iqtisadi üstünlükləri tərkibi geniş həddə dəyişən klinkersiz yapışdırıcı hazırlamağa imkan verir.

Aşkar edilmişdir ki [3], istilik emalına uğradılmış posalar müəyyən şəraitdə yüksək aktivliyə malik olurlar. Belə posaların sementin tərkibinə daxil edilməsi kimyəvi əlaqəli suyun miqdarını artırır, bu da yapışdırıcının hidratasiya dərəcəsinin artmasına və nəticədə son məmulatın möhkəmliyinin artmasına səbəb olur. Bəzi hallarda möhkəmliyin artması yalnız istilik emalından keçməmiş posanın istifadəsi ilə hazırlanmış nümunələri deyil, həm də posa qatılmayan nümunələrin möhkəmliyini keçir. Tərkibində termiki aktivləşdirilmiş posa olan sementin aktivliyinin artması onun strukturunun dəyişməsi ilə bağlıdır. Yəni, yüksək temperaturun təsiri zamanı şüşə fazanın qüsurlu dərəcəsi artır, nəticədə kristallaşma mərkəzləri yaranır.

Əlavə xammalların ən kütləvi növlərindən biri istilik-elektirik stansiyalarının tullantılarıdır. Uçucu-kül [2,3] və kül-posa tullantısının mineral əlavə kimi istifadəsinin tək-cə texniki mümkünlüyü deyil, həm də iqtisadi cəhətdən məqsədəuyğunluğu sübut edilmişdir [2,3]. Onların aktivliyinin mexaniki aktivləşdiricilərin istifadəsi hesabına artırılmasının mümkünlüyü müəyyənləşdirilmiş, həmçinin portlandsementdə və posalı portlandsementdə əlavələrin optimal miqdarı təyin edilmişdir [5].

Mikrosilika hazırda ən geniş və aktiv tətbiq olunan modifikatorlardan biridir. O, metallurgiya istehsalının yan məhsulu olub ferrosilisiyum və onun ərintilərinin əridilməsi zamanı kömürün elektrik sobasında yüksək təmizlikli kvarsla reduksiyası nəticəsində əmələ gəlir. Silikat tozunun xüsusi səthi $20000 \text{ m}^2/\text{kq}$ təşkil edir.

Mikrosilikanın dənəvər tərkibinin analizi göstərir ki, əksəriyyət hissəciklərin ölçüsü 1 mkm-i keçmir (ultradispers toz), hissəciklərin orta ölçüsü isə 0,1 mkm-ə yaxındır ki, bu da təxminən sement dənələrinin orta ölçüsündən 100 dəfə kiçikdir. Bütün bunlar mikrosilikanın pussolan aktivliyinin yüksək göstəricilərini şərtləndirir.

Mikrosilikanın betonun maksimal möhkəmlik göstəricisini təmin edən optimal miqdarı portlandsementin kütləsinin 20%-i miqdarında olur, klinkersiz yapışdırıcılarda isə 80% miqdarında olur.

Mikrosilikanın beton istehsalında istifadəsi aşağıdakı göstəricilərin artmasına imkan verir:

- Mexaniki və erroziya sürtülməsinə dayanıqlılıq;
- Korroziyaya dayanıqlılıq;
- Yüksək uzunömürlülük və sukeçirməzlik.

Son dövrlərdə dünyada yüksək səmərəli pussolan əlavəsi kimi yüksək aktivliyə malik metakaolin (YAMK) geniş istifadə olunur. Metakaolin təmiz kaolindən istehsal olunan ekoloji təmiz materialdır [6, 7]. YAMK kimyəvi təbiətinə görə amorf SiO_2 və Al_2O_3 -dən ibarətdir. Metakaolinin xüsusi səthi $30000 \text{ m}^2/\text{kq}$ -a çatır ki, bu da onun hissəciklərinin 1-5 mkm ölçüsü və lövhəli forması ilə müəyyənləşdirilir. YAMK nisbətən baha olmasına baxmayaraq, əksər hallarda aşağıdakı səbəblərdən onun istifadəsi iqtisadi cəhətdən özünü doğruldur:

- YAMK-nin sukeçirməzliyin əhəmiyyətli artmasını təmin edən optimal miqdarı sementin kütləsinin 1,5-2,0 %-ni təşkil edir ki, bu da onun yüksək aktivlik göstəricisi ilə əsaslandırılır;

- bəzi tərkiblərdə öz xüsusi dənəvər tərkibinə görə YAMK plastikləşdirici effekt göstərir;
- metakaolin qələviləri kimyəvi tərkibinə görə seolite və çöl şpatına oxşayan həllolmayan birləşmələrdə birləşdirmək qabiliyyətinə malikdir ki, bu da silikat-qələvi reaksiyası nəticəsində düzəmləgəlmənin və dağılmanın azalmasına səbəb olur [6, 7].

Rusiyada YAMK istifadəsi ilə bağlı təcrübələr hələ o qədər də çox deyil, lakin artıq laboratoriya sınaqlarının ilk nəticələri və sənayedə tətbiqi onun inşaat materiallarının istehsalı zamanı modifikator kimi istifadəsinin böyük perspektivlərini göstərir.

Ədəbiyyatların analizi göstərir ki, xaricdə sementə əlavə kimi şüşə tozunun istifadə olunması təcrübəsi var.

Sənaye tullantılarından başqa narın üyüdülmüş mineral əlavə istehsalı üçün xammal kimi vulkanik (seolitlər, tuflar, vulkan külləri, trepel) mənşəli dağ süxurları geniş tətbiq edilir [8,9].

İnşaat materialşünaslığı sahəsində müasir yerli və xarici elmi araşdırmaların analizi nanomodifikatorların istifadəsi hesabına yüksək səmərəli kompozisiya yapışdırıcılarının və betonların alınması ilə bağlı istiqamətin intensiv inkişaf tendensiyasını göstərir.

Çox saylı tədqiqatlarla müəyyənləşdirilmişdir ki, sement xəmirində bərabər şəkildə yayılmış nanohissəciklər məsamələri doldurur, hidratasiya prosesinin sürətlənməsinə və nəticədə sement daşının möhkəmliyinin artmasına səbəb olur,

həmçinin betonda sement xəmirinin doldurucularla əlaqə zonasında mikrostrukturunu yaxşılaşdırır. Betonun strukturunun optimallaşdırılması su/sem nisbətinin, nanoəlavələrin növünün və miqdarının seçilməsi yolu ilə əldə edilir [10-11].

Ən yaxşı təcrübi nəticələr sement matrisasına nanosilikatın daxil edilməsi zamanı əldə edilmişdir. Bu zaman nanosilikatın daxil edilməsi zaman əldə edilmişdir. Bu zaman nanosilikatın hissəcikləri sement daşının strukturunun əmələ gəlməsi zamanı polifunksional rolunu yerinə yetirir: birinci, mikroməsələləri dolduraraq sement daşının sıxlığını və möhkəmliyini artırır; ikincisi aktiv kristallaşma mərkəzi kimi çıxış edir; üçüncüsü, yeni fazaların əmələ gəlməsi ilə kimyəvi reaksiyalarda iştirak edir, ilkin yüksəkəsaslı kalsium hidrosilikatların və portlandit əvəzinə aşağıəsaslı kalsium hidrosilikatların yaranmasını təmin edir [11].

Xüsusi maraq kəsb edən işdə [12] nanohissəciklərdən ibarət I növ sementlə aparılmış tədqiqatın nəticələri verilmişdir. Bu portlandsementin hər bir nanohissəciyinin sintezi zol-gel üsulunun köməyi ilə aparılır. Sintez üçün xammal kimi aşağıdakılar istifadə olunur: alüminium–oksid; polietilenqlikol, dəmir oksid, kalsium asetat və nano –SiO₂-nin altı müxtəlif növü. Sintez olunmuş nanohissəciyin strukturunun və morfolojiyasının öyrənilməsi rentgen difraksiyası və mikroskopun köməyi ilə aparılmışdır.

Nanosementin hazırlanması sintez olunmuş komponentlərin aşağıdakı faiz nisbətində qarışdırılması yolu ilə aparılır: C₃S-49 %; C₂S- 25%; C₃A-12%; C₄AF- 8% .

Sonrakı t dqiqlatların gedişində müəyyən edilmişdir ki, nanosement yüksək hidratasiya dərəcəsi ilə fərqlənir, lakin adi sementl  müqayisədə ařađı sıxılmada möhkəmlik həddinə malik olur. Bu bir sıra amillərlə, o cümlədən: yüksək hidratasiya dərəcəsi və su/sem nisbətinin göstəriciləri, nano hissəciklərin aqreqasiyası hesabına məsamələrin əmələ gəlməsi və s. ilə izah edilir [12].

Nanodispers materialların s ni üsulla alınması az m hsuldarlıđı v  reallaşmasının mürəkkəbliyi ilə fərqlənir. Ona görə də s ni sintez olunmuş nano tozların geniř tətbiqi həddindən artıq problemlidir. Bununla bađlı olaraq yeni xammal bazası axtarmaq lazımdır. Bu nöqteyi nəzərdən  n perspektivli xammal geoloji v  texnogen proseslərin təsirinə məruz qalmıř xammaldır.

Mikro və nano səviyyədə aparılmıř t dqiqlatlarla rentgenamorf təbii birl shm l rin əvvəllər kristallik hesab olunmayan mineraloidl rin xüsusi forması ařkar olunmuşdur.

Əvvəllər nizamsız hesab olunan bərk maddələr hesabına nanomineralogiya mineral dünyasının sərhədləri barədə təsəvvürlərin əhəmiyyətli dərəcədə geniřl nm sin  imkan verdi. Nanosistem nöqteyi –nəzərindən daha perspektivlisi nanoindividl r və onların aqreqatları ilə təmsil olunan təbii xammalların tədqiqidir:

- Sedimentogenezin narın-dispers məhsulları (gill r, o cümlədən, mineral  m l g lm nin tamamlanmamıř mərhələsi) .
- SiO₂-nin rentgenamorf modifikasiyasından ibarət süxur (trepel , diatomit);
- Effuziv süxur(vulkan ř ř si);
- Bəzi istehsalat tullantıları və s.

Əhəng-pussolan yapışdırıcısı istehsalında tətbiq olunan vulkan mənşəli əlavələr vulkan püskürməsi zamanı yaranır. Bu əlavələrə vulkan külləri, vulkan tufları, pussolanlar, tras, pemza aiddir. Vulkan küləri vulkan püskürməsi zamanı xırda ölçülü lava hissəciklərinin tez soyumasından və sıx halda tökülməsindən alınan tozşəkilli materialdır. Əgər lava hissəcikləri kövşək qırıntı halında ayrılarsa, ona pussolan deyilir. Vulkan tufları vulkan küllərinin təbi şəkildə sementlənməsi və sıxlaşması nəticəsində əmələ gəlir. Əgər belə sıxlaşma nəticəsində daşaoxşar əlavə yaranarsa, ona tras deyilir. Süngər vulkan lavasının tez soyuması vaxtı qazların şiddətli çıxması nəticəsində yaranan çox məsaməli və yüngül materialdır.

Vulkan mənşəli aktiv mineral əlavələr kimyəvi tərkibinə görə dərin dağ suxurları olan qranit və sienit maqmasına uyğundur. Bəzi hallarda məsələn, trasda kimyəvi birləşmiş su da olur.

Vulkan mənşəli aktiv mineral əlavələrin mineroloji tərkibi əsas etibarilə alümosilikat şüşəsindən, az miqdarda piroksen, olivin, leysit, paliqoklaz, traxit, gil və seolit minerallarından ibarətdir. Vulkan mənşəli əlavələrin aktivlikləri alümosilikat şüşəsinin miqdarından və tərkibindən, həmçinin soyuma vaxtından aslıdır. Tez soyumuş suxurlarda şüşəşəkilli fazanın miqdarı çox alındığından o daha aktiv olur.

Azərbaycan vulkan tərkibli mineral-aktiv əlavələrlə zəngindir. Rayonlar üzrə bu əlavələrin ehtiyatı cədvəl 1.1-də göstərilmişdir.

Cədvəl 1.1. Azərbaycanca mineral-aktiv əlavələrin etiyatları

Sıra №	Rayonlar	Vulkan süxurlarının adları	01.01.87 ilə olan etiyatı, min t.
1	Cəbrayıl	Vulkan külləri Kül tufları	6772 49000
2	Zəngilan	Vulkan külləri	12300
3	Tovuz	Kül tufları Trass	6810 5035
4	Qazax	Tuf Trass Vulkan külləri	46160 76800 180
5	Kəlbəcər	Perlit	4473
6	Laçın	Tuf Süngər qozaları	3560 -
7	Əsgəran	Süngər	138
8	Xanlar	Tuflar	4530
9	Goranboy	Kül tufları	1549
10	Şərur	Tuflar	227
11	Sədərək	Vulkan külləri	-
12	Şahbuz	Opal tərkibli süxur	-

Azərbaycanda vulkan süxurlarının kimyəvi tərkibi cədvəl 1.2.-də verilmişdir.

Cədvəl 1.3. Azərbaycanda olan vulkan süxurlarının kimyəvi tərkibi

№	Əlavənin yeri adı	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	R ₂ O	K.İ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Cəbrayıl rayonu: Vulkan külü (Soltanlı kəndi)	68,03	4,33	17,90	3,15	2,46	0,26	3,53	5,24
	Kül tufu (Dərzili k.)	61,90	4,88	14,54	7,26	1,97	0,68	6,80	1,97
2	Zəngilan rayonu: Vulkan külü (Qarababa k.)	56,65	7,67	17,07	6,29	3,65	9,25	2,07	6,38
	Vulkan külü (Orta Emzili k.)	54,87	11,9	11,49	4,3	3,85	0,31	4,06	8,17
3	Tovuz rayonu: Kül tufları (Aydağ k.)	62,55	9,47	11,22	1,24	1,10	0,43	3,02	10,97
	Trass (Koroğlu k.)	64,24	4,19	16,22	3,35	2,43	0,38	2,90	6,27
4	Qazax rayonu: Tuf. (Daş salahlı k.)	68,31	3,17	13,17	2,59	2,64	0,42	3,75	5,95
	Trass (Qaymaqlı k.)	64,48	3,58	c,06	1,90	0,04	0,15	5,41	13,38
	Vulkan külü (Kuxet k.)	68,07	1,53	16,31	2,12	0,97	2,1	4,02	4,88
5	Kəlbəcər rayonu: Perlit (Keçəldağ k.)	74,50	0,84	c,96	2,97	0,98	0,26	4,09	4,47
6	Laçın rayonu: Tuf(Ağoğlan k.)	59,61	4,65	13,37	8,37	2,20	0,16	6,50	4,78
	Tuflar (Minkənd k.)	61,63	5,55	10,25	7,64	3,53	0,39	6,27	4,56
	Pemzalı qozalar (Kamalin k.)	50,24	9,32	16,05	10,58	2,34	0,65	2,28	3,54
7	Əsgəran rayonu: Süngər (Siznək k.)	50,32	9,24	16,58	10,05	2,75	0,28	7,34	3,44
8	Goranboy rayonu: Kül tufl. (Gülüstan k.)	57,48	2,05	17,64	3,74	3,18	0,19	9,72	6,00
9	Şərur rayonu: Tuf (Əznəbürd k.)	68,05	3,26	14,52	3,29	0,87	1,29	5,02	3,70

Otaq temperaturunda mineral əlavə, kalsium-hidroksid və su qarışığının daşaoxşar bərk materiala çevrilməsi hadisəsi əlavələrin pussolan aktivliyinə malik olmasını göstərir. Mineral aktiv əlavələrin kalsium-hidroksidlə qarşılıqlı təsir reaksiyasının məhsulları morfoloji cəhətdən lifli, təbəqəli (plyonkalı) və düzgün olmayan təbəqə quruluşlu C-S-H (I) silikatlardan ibarətdir. 200 və 400 gündən sonra xeyli miqdarda heksoqonal hidrogelenit və kalsium-hidroalüminat kristalları da olur.

1.2. PIASTİFİKATORLAR VƏ ONLARIN SEMENT SİSTEMLƏRİNƏ TƏSİRİ

Sementin bərkiməsini təmin edən kimyəvi proseslər ilkin hissəciklərin səthindən başlayır və sonra fazalar arasındakı səthdə və hidratlaşan sistemin bütün həcmində davam edir.

Sement hissəciklərinin hidratasiya məhsullarının modifikasiya olunma xarakteri sementin hissəciklərinin yapışmasına və sonradan sistemin quruluşmələgtirməsinə xeyli təsir edir.

Səthi-aktiv əlavələrin sistemə verilməsi kristallar arasındakı fəza kontaktlarının əmələ gəlməsini çətinləşdirir. Bu hissəciklərin səthində adsorbsiya təbəqəsinin yaranması ilə əlaqədardır.

Difil quruluşlu səthi-aktiv əlavələrin iştirakı ilə sementin hissəciklərinin qarşılıqlı əlaqələrinin möhkəmliyinin azalması bilavasitə hidratlaşmış səthə səthi-aktiv əlavələr təbəqəsinin çəkilməsi ilə əlaqədardır. Difil molekulların adsorbsiya

təbəqələrinin möhkəmliyi polyar qrupların xüsusiyyətindən, karbohidrogen zəncirinin uzunluğundan və şaxəliliyindən asılıdır. Adsorbsiya təbəqəsinin antifriksion tə'siri homoloji sırada aşağı homoloqdan yuxarı homoloqa qədər artır. Müəyyən gərginlik həddində səthi-aktiv əlavə səth təbəqəsi dağılmadan kristalların koqeziyalı yapışması mümkün deyil. Yəni hidratlaşan sement sistemində faza əlaqələrinin əmələ gəlməsi mümkün deyil. Həllolma ilə sementin hidratasiya reaksiyasının gedişi Brunader və Qrinberq tərəfindən aşağıdakı kimi təsvir olunur:

- hissəciklərin səthində hidratlaşmış ionlar yaranır;
- ionlar səthdən hissəciklərin daxilinə diffuziya olunur;
- ionlar bir-biri ilə reaksiyaya girərək S-S-N molekullarını yaradır;
- molekullar kristalhidrat fazasının rüşeymini yaradır;
- rüşeymlər artır;
- kolloid hissəciklər çökür və çöküntü əmələ gətirir.

V.B.Ratinov və T.İ.Rozenberq göstərirlər ki, quruluşun formalaşması və möhkəmliyin yaranmasına səbəb olan əsas proseslər molekulyar səviyyədə gedir [13]. Quruluşun ilkin yaranmasında yeni fazanın rüşeymləri yaranaraq şərti koaqulyasiyalı və kristallizasiyalı quruluş əmələ gətirir. Kristalların böyüməsi və ilkin şəbəkənin yaranması ilə quruluşun disperslik səviyyəsi submikroskopik həddə çatır.

L. Kouplend və D. Kantro sementin tutma mexanizmini aşağıdakı kimi izah edirlər. Kalsium ionlarının qatılığı maksimum həddə çatdıqda C-S-H stabil heli klinker dənələrindən ayrılır və kalsium-hidroksidin səthinə çökməyə başlayır.

Sonra plastik məhlulda hel fasiləsiz tor əmələ gətirərək tutmanı təmin edir. Bu zaman hel nazik liflər, lövhələr və qıvrılmış folqa formasını ala bilir. Kolloid hissəcikləri orta qalınlığı $30...45 \cdot 10^{-10}$ m olur. Onun eni $350...450 \cdot 10^{-10}$ m, uzunluğu isə $(10...10000)^{-1}$ m olur.

Səthi-aktiv əlavələrin iştirakı ilə sementin hidratasiyası prosesinin öyrənilməsinə çoxlu tədqiqat işləri həsr olunmuşdur. Hesab olunur ki, səthi-aktiv əlavələrin iştirakı ilə sementin hidratasiyası zamanı yeni yaranmış hidrat birləşmələrin hissəciklərdən ayrılma sürəti və dispers fazanın hissəcikləri arasındakı qarşılıqlı əlaqə şəraiti dəyişir.

Bizim fərziyəmizə görə müxtəlif üzvi maddələrin iştirakı ilə yapışdırıcıların hidratasiyası səthi-aktiv əlavələrin molekullarının quruluşundan, funksional qrupların miqdarından və molekul kütləsindən asılıdır.

Yuxarıda göstərilən əlavələrdən ən diqqətə layiqi yüksək molekullu anionaktiv maddə olan superplastifikatordur. Superplastifikatorlar beton texnologiyasında geniş tətbiq olunan maddələrdir [14-19].

Superplastifikatorlara (SP) ilk dəfə plastikləşdirici əlavə kimi 1935-ci ildə Böyük Britaniyada patent alınmışdır [20]. Lakin superplastifikatorlar 60-cı illərin sonunda Yaponiyada və Almaniyada beton texnologiyasında geniş tətbiq olunmuşdur. Keçmiş SSRİ-də superplastifikatorun alınmasına və tətbiqinə 1976-cı ildən başlanılmışdır [21-24].

SP-nin müxtəlifliyi və geniş tətbiq sahəsinə malik olması onların təsnif olunmasını tələb edirdi. Böyük Britaniyada superplastifikatorlar kimyəvi tərkibinə görə aşağıdakı qruplara ayrılır [25]:

1. Sulfolaşmış melamin-formaldehid birləşmələri və onlar əsasında olan kompleks [14, 15];
2. Sulfolaşmış naftalin-formaldehid birləşmələri və onlar əsasında olan kompleks [14, 19, 26];
3. Modifikasiya olunmuş liqnosulfonatlar [18, 27];
4. Polioksikarbon turşularının birləşmələri [28, 29].

Müasir inşaatda mürəkkəb layihələrin həyata keçirilməsində səmərəli və keyfiyyətli betonların hazırlanması tələb olunur. Bu betonlar isə plastikləşdirici əlavələrin köməyi ilə alınır. Plastikləşdirici əlavələr yüksək səmərəliliyi ilə bərabər beton və armatura mənfi təsirə malik etmir. Plastikləşdirici əlavələrdən ən böyük maraq kəsb edən super- və hiperplastifikatorlardır [30]. Alınma üsulundan asılı olaraq superplastifikatorlar müxtəlif xammalların emalı zamanı, müxtəlif sənaye tullantıları kimi və xüsusi sintez yolu ilə alınır. Plastifikatorlar kimyəvi əsasından asılı olaraq aşağıdakı kimi təsnif olunur [31].

Superplastifikatorların tətbiqi ilə aşağıdakılara nail olmaq olar:

- Beton qarışığının axıcılığını P1-dən P5-ə qədər artırır;
- Yapışdırıcı maddələrin bərkiməsi zamanı su tələbini 20-25% azaldır;
- Möhkəmlik göstəricilərini 25% və daha çox artırır;
- Armaturun betona yapışmasını 1,5-1,6 dəfə artırır;

- Sukeçirməz, çata və şaxtaya dayanıqlı beton alınmasına imkan verir;
- Sementin sərfini 25%-ə qədər azaldır [31,32].

Alınma ili	Sinfi	Növü	Su tləbini azaltması,%	Plastifikatorların adı
1960	1	Sulfomelaminformaldehid, MSF	15-30	NİL-10, 10-03, Melment, Konplast, Cikament-FF
1962	2	Sulfonaftalinformaldehid NSF	15-25	C-3, 40-03, Dofen,Mayti, Kormiks
1939	3	Modifikasiya olunmuş liqnosulfonat LS	5-15	LSTM, XDSK-1, Plastiment BV 40
1993	4	Polikarboksilat PA	20-30	Melflux 1641F, Voerment FM787
1997	-	Polikarbokilan efiri PE və ya PCE	25-40	Sika ViskoCret-20HE, Glenium SKY
1997	-	Akril sopolimeri CAE	25-40	Fluks 1

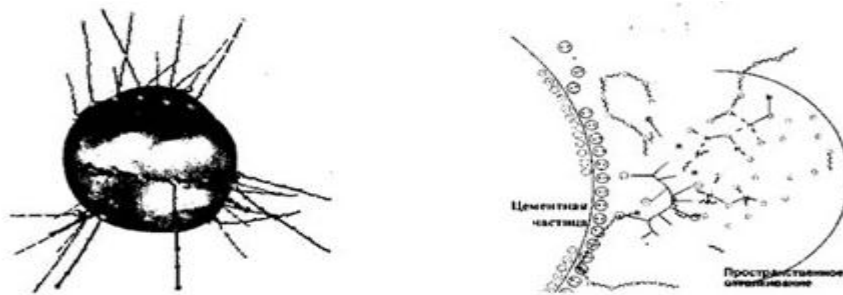
Superplastifikatorlar səthi aktiv maddələrə aid olduğundan onun əsas xasəsi sement hissəcikləri üzərinə adsorbsiya olunaraq nazik mono-və ya bimolekulyar təbəqə əmələ gətirir və sement hissəciklərinin səthində dzeta potensialı artırır.

Nəticədə hissəciklərin fazalar arası əlaqə enerjisi azalır və hissəciklərin dezaqreqasiya dərəcəsi artır [32-37]. Aqreqatlar arasındakı su azad olaraq sistemi sıyıqlaşdırır. Adsorbsiya təbəqəsi hissəciklərin mikro kələ-kötürlülüyü azaldır və onlar arasındakı sürüşmə əmsalə azalır. Nəhayət superplastifikator molekullarının adsorbsiyası nəticəsində hissəciklər eyniadlı yüklə yüklənir və elektrostatik qüvvələrin təsiri ilə onların yapışması aradan qalxır uyğun olaraq suspenziyanın özlülüyü azalır və sistem axıcı hala keçir. Hidratasiya prosesi nəticəsində yeni

yanarmış birləşmələrin kristalları böyüyür elektrik yüklərinin təsiri ilə yaranmış itləmə qüvvələri azalır və beton qarışığının axarlılığı azalır [31,35]. Superplastifikatorun əlavə edilməsi ilə sement hissəciklərində xırda fraksiyaların miqdarı 2 dəfə artır [32].

Yeni nəsəl plastifikatorların (hiperplastifikator) təsir mexanizmi polikarboksilat efirindəki yan hidrofob poliefir zəncirlərinin hesabına yaranan elektrostatik və fəza effektinə əsaslanır. Batrakov V.Q. [31] qeyd edir ki, sferik itləmə elektrostatik itləmədən güclüdür. Onun fikrinə görə bu sement sistemlərindəki maye fazanın ion gücünün nəzərə alınması ilə izah olunur. İonların yüksək konsentrasiyada olmasına görə elektrostatik effekt zəifləyir. İon qüvvəsi fəza effektinə də təsir edir, lakin o elektrostatik effektdən fərqli olaraq daha uzun zamandan sonra özünü göstərir.

Polikarboksilatların təsirində ənənəvi SP fərqli olaraq dzeta potensialın polu xeyli kiçikdir. Bu xarakterik köndələn (eninə qoyulan) əlaqələrlə, həmçinin molekulun iki və üçölçülü forması ilə bağlıdır ki, bu da sement hissəcikləri ətrafında həcmi adsorbsiya qabığı yaradır [38-41]. Şəkil 1.1.-də adsorbsiya olunmuş makromolekulun yan zəncirlərinin itləməsi ilə yaranan fəza effektinin modeli göstərilmişdir.



Şəkil 1.1. Adsorbsiya olunmuş makromolekulun yan zəncirlərinin itləməsi ilə yaranan fəza effekti

Nəticədə polikarboksilatların plastikləşdirici təsiri sulfomelamin, cülfontalin formaldehidlərlə və ya liqnosulfonatlarla müqayisədə 3-4 dəfə artır [32]. Bu beton qarışığının ilk dövrlərdə yalnız axarlılığını qaldırmağını deyil, həmçinin uzun müddət axarlılığı saxlayır. Bu da beton qarışığının zavoddan tikinti meydançasına daşınma vaxtının uzadılmasına müsbət təsir edir. Polikarboksilatların təsiri onun molekullarının sement hissəcikləri üzərinə adsorbsiya olunaraq onları mənfi yükləməkdən ibarətdir. Sement hissəciklərinin yalnız müəyyən hissəsi polimerlə örtülür və sement flokullarının sərbəst səthi sunun daxil olması üçün kifayət etdiyindən hidratasiya reaksiyası gedir. Qeyd etmək lazımdır ki, polimerlər əsas zəncirin uzunluğuna, yan həlqələrin uzunluğuna və miqdarına, həmçinin yükünə görə fərqlənir. Ona görə də molekulyar quruluşunu dəyişməklə və betonun xassələrinə məqsədyönlü təsir etməklə verilmiş polimerlərin xassələrini idarə etmək olar [32]. Müəəiflər qeyd edir ki, polimerlərin sintezi mərhələsində duz tərkibli mühitlərdə, yəni beton qarışığının maye halında ənənəvi polikarboksilatların yumaklara qatlanması imkanlarının aradan qaldırılması üçün daha sərt quruluşun yaradılması lazımdır [42, 43].

Plastifikatorların atması ilə daha yüksək möhkəmliyə və texnoloji xüsusiyyətlərə malik kompozisiya betonlarının alınması mümkün oldu [44]. Misal üçün plastifikatorların köməyi ilə yüksək möhkəmlikli özüyərləşən betonlar almaq mümkün oldu. Bu betonlarda sıxlaşdırma tələb olunmadığına görə onların rahatyerləşdirilməsi yüksəlir. Mikrodoldurucuların superplastikləşdiricilərlə düzgün uyğunlaşdırılması yüksək keyfiyyətli özüyərləşən betonlar almağa imkan verir [45].

Superplastifikatorlar beton qarışıqına komponentlərin su ilə qarışdırılmasından sonra verilir. Elə bu zaman onların səmərəliliyi yüksəlir [32]. Quru maddə hesabı ilə superplastifikatorlar sementin kütləsinin 0,7-1,5% miqdarında götürülür. Həm də nəzərə almaq lazımdır ki, yüksə alüminatlı sementlərdə bu miqdar yüksək olur [33].

Bərkiməni gecikdirmə effektinə malik superplastifikatorlar torkret betonlarda ilk növbədə qarışıqın axarlılığını saxlamaq, su-sement nisbətini, həmçinin sukeçirməməzliyi aşağı salmaq üçün tətbiq edilir [46].

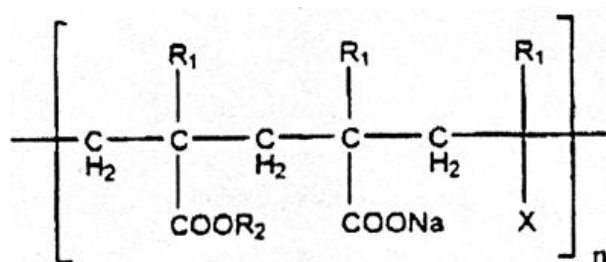
Hiperplastifikatorlar döşəmələrin hazırlamasında betona 0,08-0,3% miqdarında qatıldıqda qarışıqın axarlılıq vaxtının və hissəciklərin aqlomerasiyasının artırılma problemini tamamilə həll edir [47,48].

Con zamanlar inşaatın kimyalaşması sahəsindəki addılardan biri də yüksək plastikleşdiricilik qabiliyyətinə malik olan polikarboksilat əsaslı plastifikləşdiricilər geniş tətbiq olunur. Onlar artıq hiperplastifikator adı altında sənaye miqyasında modifikator kimi istehsal olunur. Bu modifikatorların sement sistemlərin təsir naftalinformaldehid və melaminformaldehid əsaslı superplastifikatorlara olduğu kimi elektrostatik mexanizm üzrə deyil fəza (sterik) mexanizmi üzrə baş verir. Ona görə də superlərə nisbətən su\sement nisbətini 40%-ə qədər aşağı salır və qarışıqın reoloji xassələrini xeyli yaxşılaşdırır [49,50].

Yüksəkeffektli suda həllolan karbozəncir superplastifikatorların yaradılmasında molekulyar quruluşun əsasını makromolekulların uzun yan oliqoalkilenoksid zəncirlərinin uyğun olaraq mürəkkəb efir və ya amid qrupları ilə əmələ kətilməsi hesabına kimyəvi modifikasiyası təşkil edir. Bu hal praktiki olaraq polimerlərin əsas

və yan zəncirlərinin uzunluqlarının, elektrik yükünün, yan zəncirinin sıxlığının və sərbəst funksional qruplarının dəyişməsi ilə sement hissəciklərinə təsir imkanları genişlənir.

Karbozəncir polimerlərinin əsasını akrilatlar və metakrilatlar təşkil edir. İlk dəfə bu qatqılar 80-ci illərin əvvəllərində alınmış və tez bir zamanda geniş tətbiq sahəsini tapmışdır. Onların molekulyar quruluşu aşağıdakı kimidir.



Burada, R_1 - H, CH_3 ; R_2 - poliefir zənciri, X- polyar (məsələn, SM) və ya ion qrupu (məsələn, SO_3^-).

Karbozəncir sopolimerlərinin sintez temperaturunun və onun müddətinin, monomer qarışığının qatılığının və radikal polimerləşmənin təşəbbüsçüsünün variyasiyası binar sopolimerlərin molekulyar kütləsi, molekulyar-kütlə üzrə paylanması kimi, xarakteristikalarını, həmçinin hazır məhsulun çıxımını optimallaşdırmağa imkan verir [46-50].

Məlumdur ki, ənənəvi superplastifikatorların təsir mexanizmi onların hidrat birləşmələrinə (ilk növbədə hidroalüminatlara) adsorbsiyası ilə bağlıdır. Plastikləşdirici təsiri maye fazada superplastifikatorun artıqlığı ilə təmin olunur. Adsorbsiya təbəqəsinin yaranması deflokulyasiyaya, elektrokinetik potensialın

dəyişməsinə və nəticə etibarlı ilə dispers mühitin həcmində artmasına və elektrostatik itələmə qüvvələrinin yaranmasına gətirib çıxarır.

Polikarboksilatların təsirinin əsasını isə digər mexanizm – adsorbsiya olunmuş makromolekulların yan zəncirlərinin sterik itələməsi təşkil edir [46-52]. Bu zaman plastikləşdirmə qabiliyyətinə dzeta-potensialın açıq aydın təsiri olmur.

Beton qarışığının su tələbinin azalması elektrik yükü və yan zənciri ilə təyin edilir, axıcılığın saxlanması polimerin funksional monomerlərlə sement hissəciklərinə adsorbsiya sürəti ilə, ilk dövrlərdə betonun möhkəmliyini yığması isə polimer molekulunun forması (konfigurasiyası) ilə bağlıdır.

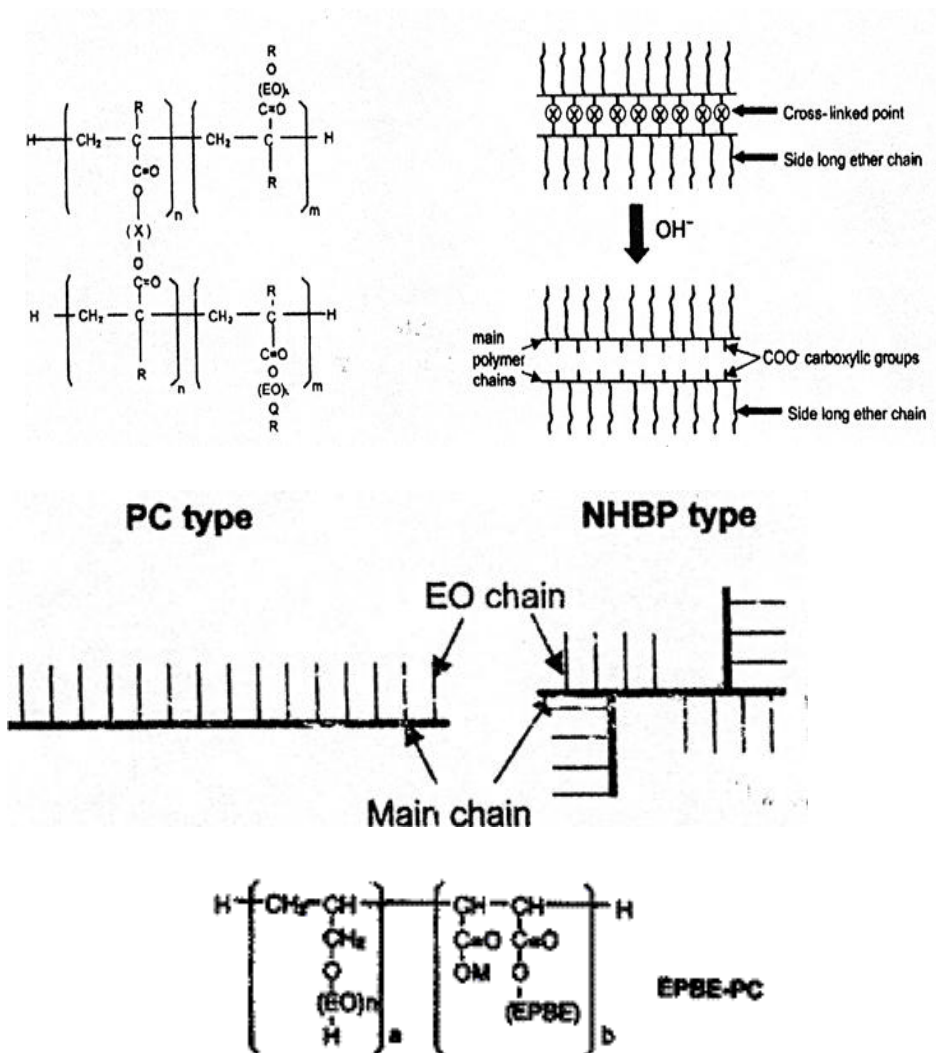
Polikarboksilat “maye-qaz” sərhəddində kifayət qədər yüksək səthə malik olduğundan, əhəmiyyətli dərəcədə havaəmələgətirmə təsiri göstərir. Ona görə də, bütün karboksilatların sənaye formaları havaəmələgətirməni aradan qaldıran komponentlə istehsal olunur. Bu xüsusilə şaxtayadavamlı betonlarda hava əmələgətirən qatqıların tətbiqi zamanı nəzərə alınmalıdır. Bu zaman polikarboksilatların xüsusi növlərindən istifadə etmək lazım gəlir.

Polikarboksilat qarışığın plastikliyini uzun müddət saxlamağa imkan verdiyinə görə onları qarışıqların nəqlinin uzunmüddətli olması zamanı daha maraqlı edir. Eyni zamanda polikarboksilatların xüsusi növlərinin istilik-nəmlik emalı prosesində bərkimə kinetikasına kəskin təsirinin olmaması, yığma dəmir-beton sənayesində onların tətbiqinin yeni perspektivlərini açır. Aydın ki, onların molekullarını “layihələndirməyə” münasibət bu zaman dəyişir: birinci halda tutmanı ləngitmək və gəlibləmədən sonra möhkəmliyi tez yığmanı sürətləndirir, ikinci halda isə qarışığın su

tələbini maksimum azaltmaqla yanaşı rahatyerləşməni təmin edir ki, bu da öz növbəsində yüksək bərkimə sürətini bə betonun möhkəmliyinin xeyli yüksəlməsinə şərait yaradır [58,59].

Bu yeni imkanlar xüsusilə məlum səbəblərə görə bərk fazanın adsorbsiya tutumunu xeyli artıran qarışıq sementlərin, mineral əlavələrin, doldurucuların, təkrar xammalın, nanomaterialların və digər məhsulların tətbiqi dövründə xüsusən vacibdir.

Polikarboksilatların üç digər yeni istiqamətlərinə aid “tikilmiş”, “hiperşaxələnmiş” və “hibrid” (calaq) məhsulların yaradılmasıdır. Bu məhsullar sxematik olaraq aşağıda göstərilmişdir [59]:



“Tikilmis” polikarboksilatlar qələvi mühitində iki əsas zəncirin hidrolitik ayrılmasının sürətinin nizamlanması hesabına beton qarışığının plastikliyinin saxlanmasının geniş diapazonda nizamlanmasına imkan verir. Belə ki, bu hal əsas məhsulun “normal” polikarboksilat hiperplastifikatorlarına konversiyası zamanı maye fazada aktiv məhsulların miqdarının daima artması (qidalandırılması) hesabına baş verir [59].

Superplastifikatorların klinkersiz yapışdırıcıların xassələrinə təsiri ədəbiyyat materiallarında epizodik xarakterdə verilmişdir. Digər tərəfdən klinkersiz yapışdırıcılar aşağı markalı sement sinifinə daxildir. Bundan başqa klinkersiz yapışdırıcıların havayadavamlılığı aşağı olur. Bu nöqsanları aradan qaldırmaq üçün bir sıra tədbirlərdən istifadə olunur. O, cümlədən yapışdırıcıda əhəngin miqdarının qaldırılması, müəyyən qədər portlandsementin əlavə edilməsi və kimyəvi əlavələrdən istifadə edilməsidir. Ən səmərəli üsullardan biri portlandsement sənayesində və beton texnologiyasında geniş tətbiq sahəsi tapmış üzvi maddə kimi superplastifikatorlardan istifadə etməkdir [60].

Yuxarıda göstərilənləri nəzərə alaraq hal-hazırkı tədqiqat işinin məqsədi superplastifikatorların tətbiqi ilə klinkersiz yapışdırıcının quruluşəmələgətirməsinin idarə olunmasıdır.

Göstərilən məqsədi yerinə yetirmək üçün aşağıdakı konkret məsələlərin həll edilməsi vacibdir:

- Yerli vulkanik süxurların xüsusiyyətlərindən asılı olaraq onlar əsasında alınmış əhəng-pussolan yapışdırıcıların xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi;

- Hiperplastifikatorların yapışdırıcıların üyüdülmə narınlığına təsirinin tədqiqi;
- Hiperplastifikatorların əhəng-pussolan yapışdırıcısının quruluş əmələ gətirməsinə təsirinin öyrənilməsi;
- Hiperplastifikatorların əhəng-pussolan yapışdırıcısının fiziki-mexaniki xassələrinə təsirinin öyrənilməsi.
- Hiperplastifikatorların əhəng-pussolan yapışdırıcısının mikroquruluşuna təsirinin tədqiqi.

FƏSİL 2. İLKİN MATERİALLAR VƏ TƏDQIQAT METODLARI

2.1. İLKİN MATERİALLAR

Tədqiqat işində mineral aktiv əlavə kimi vulkan mənşəli süxurlardan istifadə olunmuşdur. Vulkan mənşəli süxurların xüsusiyyətlərini nəzərə alaraq tərkibində şüşə fazanın miqdarı 90% qədər olan Ceyrançöl vulkan külündən istifadə olunmuşdur. Ceyrançöl vulkan külünün kimyəvi tərkibi cədvəl 2.1.-də verilmişdir.

Cədvəl 2.1

Ceyrançöl vulkan külünün kimyəvi tərkibi

Doldurucular	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O+Na ₂ O	SO ₃
Ceyrançöl vulkan külü (VK)	70	15	2,4	2,2	1	8,2	0,75

Əhəng-pussolan yapışdırıcının tərkibində əhəng kimi Daş Salahlı yatağından gətirilmiş əhəngdaşının yandırılmasından alınan əhəng və Goranboy rayonun Ağcakənd yatağından gətirilmiş gips daşından istifadə edilmişdir. Komponentlərin kimyəvi tərkibi cədvəl 2.2.-də verilmişdir.

Cədvəl 2.2

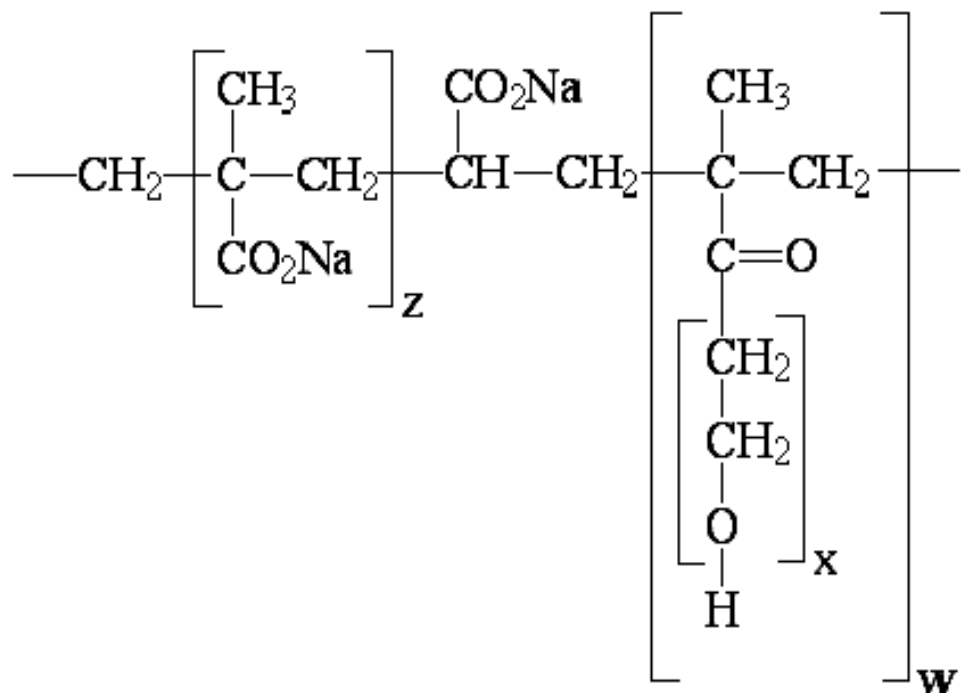
Xammal materiallarının kimyəvi tərkibi,%

Nö	Komponentlər	W, %	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K.İ
1	Əhəng daşı (Daşsalahlı)	5	6,2	1,35	0,75	49,3	0,58	0,45	39,8
2	Gips daşı (Ağcakənd)	6	-	-	-	32,56	-	16,5	20,93 (su)

Daş Salahlı əhəng daşı 20-40 mm fraksiyalara qədər xırdalanmış və laboratoriya müfel sobasında 100-1100°C temperaturda yandırılmışdır. Alınmış sönməmiş əhəng yapışdırıcısının kimyəvi tərkibi analiz edilərkən məlum olmuşdur ki, o 9179–77 №-li DÜİST-ə əsasən 1-ci növ əhəng qrupuna daxildir. Qarışıqların təsiri nəticəsində alınan məhsulun plastikliyindən asılı olaraq əhəng yağlı olmuşdur. Yağlı əhəng çoxlu istilik ayırmaqla tez sönür və sönmə nəticəsində plastiki, yağlı xəmir əmələ gətirir.

Sönmə zamanı yaranan temperaturdan asılı olaraq əhəng yüksək ekzotermik (sönmə temperaturu 70°C-dən yuxarı), sönmə sürətinə görə orta sönən (sönmə sürəti 25 dəq. çox olmamalıdır) olmuşdur.

Hiperplastifikator kimi BASF şirkətindən gətirilmiş Melflux-2651 polikarboksilatdan istifadə edilmişdir. Melflux hiperplastifikatorlarının aşağıdakı tipləri var.



2.2. Tədqiqat metodları

Əhəngin sınılanması. İnşaat əhəngi, karbonat süxurlarının 900-1200°C-də yandırılmasından alınan yapışdırıcı materialdır. Karbonat süxurlarının yandırılması zamanı gedən reaksiya aşağıdakı kimidir:



Bərkimə şəraitindən asılı olaraq inşaat əhəngi iki qrupa bölünür:

1. havada bərkiyən və uzun müddət öz möhkəmliyini saxlayan, hava əhəngi;
2. həm havada, həm də suda bərkiyən və uzun müddət öz möhkəmliyini saxlayan, hidravlik əhəng.

Hava əhəngi tərkibindəki CaO və MgO oksidlərinin miqdarından asılı olaraq kalsiumlu, maqneziumlu və dolomitli olurlar. Hava əhəngi sönməmiş (CaO) və söndürülmüş [Ca(OH)₂] formada olur. Hidravlik əhəngin zəif hidravlik və güclü hidravlik növləri mövcuddur. Əhəngdə əsas oksidlərin ümumi miqdarı (CaO+MgO) artdıqca əhəng xəmirinin plastikliyi və əhəngin keyfiyyəti yüksəlir. Əhəngin istehsalı zamanı xammal kütləsinin ayrı-ayrı hissələrinin az yandırılması və həddən artıq yandırılması əhəngin söndürülməsi zamanı sönməmiş dənələr formasında aşkar edilir. Əhəngdə sönməmiş dənələrin artması onun keyfiyyətini aşağı salır. Sönməmiş dənələrin artması əhəng xəmirini yavanlaşdırır, onun plastikliyini və qum tutumunu aşağı salır. Həddən artıq yandırılmış əhəng CaO –in yüksək temperaturda sıxlaşaraq şüşələşməsinə səbəb olur. Həddən artıq yandırılmış əhəng dənələrinin hidratlaşması çox yavaş gedir və bu zaman əhəngin həcmnin daha çox artması müşahidə olunur.

Suvaq işlərində və müxtəlif məmulatlar hazırlanmasında həcmə belə çox dəyişməsi çatlara əmələ gəlməsinə səbəb olur.

Sönməmiş inşaat əhəngi sönmə müddətinə görə - tez sönmən (çoxu 8 dəq.), orta sönmən (çoxu 25 dəq.) və gec sönmən (25 dəq. çox) olur. Əhəngin söndürülməsi aşağıdakı reaksiya üzrə gedir:



Əhəngdən inşaatda məhlul hazırlanmasında, silikat kərpicin və silikat betonların hazırlanmasında geniş istifadə olunur.

Əhəngdə aktiv CaO+MgO –in təyini

Titrləmə üsulu ilə 1 N xlorid turşusu məhlulunun hazırlanması

Sıxlığı 1,19 olan 85 ml xlorid turşusuna 1 l saflaşdırılmış su əlavə edilib, mükəmməl qarışdırılır. 1 N HCl məhlulunun titri təcrübəyə qədər 250-270°C temperaturda 1-1,5 saat müddətində sabit kütləyə qədər qurudulmuş, susuz natrium karbonata (Na₂CO₃) görə təyin edilir.

Tutumu 250 ml olan konusvarı kolbaya 1 q natrium karbonat tökülüb 80-100 ml distillə olunmuş suda həll edilir. Alınmış məhlul metiloranj indikatorunun iştirakı ilə HCl –in 1 N məhlulundan istifadə edilərək, sarı rəngdən narıncı-çəhrayı rəngə boyanana qədər titrlənir.

1 N xlorid turşusu məhlulunun titri CaO –in (T_{CaO}) qramlarla miqdarına bərabər olur və aşağıdakı kimi hesablanır:

$$T_{\text{CaO}} = \frac{Q \cdot 0,02804}{V \cdot 0,053}$$

Q – natrium karbonatın kütləsi, q;

0,02804 – 1 N HCl məhlulunun 1 ml–nə uyğun olan CaO–in miqdarı, q;

V – titrləməyə sərf edilən 1 N məhlulunun həcmi, ml;

0,053 – 1 N HCl məhlulunun 1 ml–nə uyğun olan natrium karbonatın miqdarı, q.

Əvvəlcə 4-5 q əhəng çini həvəngdəstədə 5 dəqiqə müddətində toz halına salınır. Sonra 1 q narınlaşdırılmış əhəng 250 ml tutumu olan konusvarı kolbaya tökülüb, üzərinə 150 ml distillə olunmuş su əlavə edilir. Bu qarışıqın içərisinə 3-5 ədəd xırda şüşə muncuq və ya uzunluğu 5-7 mm olan şüşə çöplər əlavə edilir və konusvarı kolba şüşə qıf (saat şüşəsi) ilə qapanaraq 5 dəq. müddətində qızdırılır (qarışıqın qaynadılmasına yol verilmir). Kolba 20-30°C temperatura qədər soyudulduqdan sonra onun divarları və şüşə qıf (saat şüşəsi) distillə olunmuş qaynar su ilə yaxalanır və kolbadakı qarışıqda fenolftaleinin spirtdə 1 %-li məhlulundan 2-3 damcı əlavə edilir. Sonra kolbanın daxilindəki qarışıq fasiləsiz çalxalanaraq 1 N xlorid turşusu məhlulu ilə titrlənir (titrləmə məhlulunun rəngsizləşməsinə qədər davam etdirilir). Titrləməni tədricən aparmaq üçün xlorid turşusu məhlulunu kolbaya damcı-damcı əlavə etmək lazımdır. Titrləmə o zaman dayandırılır ki, kolbadakı rəngsizləşmiş məhlul fasiləsiz olaraq 8 dəqiqə çalxalanan zaman çəhrayı rəngə boyanmasın.

Sönməmiş əhəngdəki aktiv CaO+MgO–in %-lə miqdarı aşağıdakı kimi hesablanır:

$$A = \frac{V \cdot T_{CaO} \cdot 100}{Q}$$

Q – əhəngin kütləsi, q;

V – titrləməyə sərf olunmuş 1 N HCl məhlulunun həcmi, ml;

T_{CaO} – CaO –in qramlarla miqdarına bərabər olan 1 N HCl məhlulunun titri;

Əhəngin sönmə temperaturunun və müddətinin təyini. Əhəng ilə su kimyəvi reaksiyaya girərkən müəyyən miqdarda istilik ayrılır. Təcrübə zamanı ayrılan istiliyin nəticəsində temperatur tədricən yüksələrək maksimum göstəriciyə çatır və sonra temperatur tədricən azalır.

Əhəngin sönmə müddəti suyun əhəngə töküldüyü andan, bir dəqiqədəki temperatur artımının 0,25°C-dən çox olmadığı göstəriciyə qədər ötən müddətə deyilir.

Təcrübəni aparmaq üçün götürülən sönməmiş əhəngin kütləsi aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$G = \frac{1000}{A}$$

G – sönməmiş əhəngin kütləsi, q;

A - əhəngdəki aktiv CaO+MgO –in miqdarı, q;

Hesabi yolla təyin edilmiş əhəng və temperaturu 20°C olan 25 ml su məişət termosuna tökülüb səthi cilalanmış ağac çubuqla dərhal qarışdırılır. Termosun içərisindən termometr keçirilmiş tıxacla kip qapanır. Termometrin civə yerləşən hissəsi tamamilə su-əhəng qarışığının içərisinə daxil olmalıdır. Təcrübə zamanı temperaturun dəyişməsi (suyun əhəngə qatılması anından) hər dəqiqədə bir dəfə qeyd edilir. Əgər 4 dəqiqə müddətində temperaturun dəyişməsi 1°C-dən çox olmazsa, onda təcrübə zamanı qurtarmış hesab edilir.

Yapışdırıcı maddə almaq üçün əhəng mineral-aktiv əlavə, gips daşı və hiperplastifikator hesabi miqdarda ikikameralı laboratoriya kürəli dəyirmanına tökülərək 1,0 saat müddətində üyüdülmüşdür. Dəyirmanın diametri 480 mm, uzunluğu 280 mm, dövrlər sayı 50 dövr/dəq., üyüdücü cisimlərin çəkisi isə 75 kq-dır.

Yapışdırıcının narınlığı 310.1-81 №-li DÜİST-ə uyğun olaraq 008 №-li ələkdə qalan qalığın miqdarı ilə və xüsusi səthi PSX cihazında təyin etməklə tapılır.

Normal qatılığı və tutma müddəti –310.3-81№-li DÜİST üzrə vika cihazında təyin edilir.

Yapışdırıcı əsasında hazırlanmış nümunənin bərkiməsi və onun tədqiqi 310.4-81№-li DÜİST üzrə aparılır. Əyilməyə qarşı möhkəmlik həddi Mİİ-100 cihazında, sıxılmağa qarşı möhkəmlik həddi isə hidravlik presdə təyin olunur.

Plastiki möhkəmliyin təyini bərkiyən kütləyə müxtəlif yüklərin təsiri altında konusun eyni dərinliyə (5 mm) qədər batmasına görə aşağıdakı formulla təyin edilir :

$$R_m = K \cdot P / h^2$$

Burada,

K – cihazın konusun hündürlük üzrə bucağından asılı olaraq sabiti

$$k=0,41;$$

P – konusa təsir edən yük, MPa;

h – konusun batma dərinliyi, sm.

Su xəmirinin özlülüyü VSN-3 rotasion viskozimetrində təyin edilmişdir. Axma həddini təyin etmək üçün Sütard viskozimetrinin balacalaşdırılmış variantından istifadə edilmişdir (diametr 10 mm, hündürlük 40 mm).

Elektron mikroskopik tədqiqatlar 1 pilləli platin kömür replikası üsulu ilə elektron mikroskopu vasitəsilə aparılmışdır.

FƏSİL 3. HİPERPLASTİKLƏŞDİRİCİLƏRİN TƏTBİQİ İLƏ ƏHƏNG-PUSSOLAN YAPIŞDIRICISININ XASSƏLƏRİNİN YAXŞILAŞDIRILMASI

3.1. MİNERAL-AKTİV ƏLAVƏLƏR ƏSASINDA İSTEHSAL OLUNAN ƏHƏNG-PUSSOLAN YAPIŞDIRICININ TƏRKİBİ

Mineral-aktiv əlavələrin tətbiqi istehsal olunan yapışdırıcılardan ən geniş yayılmışı əhəng-pussolan yapışdırıcısıdır. Əhəng-pussolan yapışdırıcısı vulkanik mənşəli aktiv əlavələrin 15...25 % əhənglə birlikdə üyüdülməsindən alınır. Əhəng-pussolan yapışdırıcısının daha da aktivləşdirilməsi üçün üyüdülmə zamanı ona 5 % gips daşı da qatılır [54].

Əhəng pussolan sementinin su tələbi portlandsəmentə nisbətən xeyli çox olur. Vulkan mənşəli mineral-aktiv əlavə tətbiq etdikdə su/səment nisbəti 0,3...0,35. Belə su tələbinə malik olması əlavələrin hissəciklərinin daxili səthinin çox olması ilə əlaqədardır. Buna görə də mineral aktiv əlavələr daha hiqroskopik və su saxlama qabiliyyətinə malik olur [54].

Standartın tələblərinə görə əhəng-pussolan sementinin tutma müddəti elə olmalıdır ki, tutmanın başlanğıcı 25 dəq. tez sonu isə 24 saatdan gec olmasın. Tutma müddəti əhəngin və əlavənin xasələrindən, temperaturdan və mühitin nəmliyindən aslıdır. Əhəng-pussolan sementlərin yüksək su tələbinə malik olması və bərkiyərkən sementləyici maddənin narıdispers helvari vəziyyətdə olması,

onlar əsasında hazırlanmış məhlul və betonlarda nəmliyin dəyişməsi ilə həcmi deformasiyaların intensiv inkişaf etməsinə imkan verir [54].

2544-76 -li QOST-a görə əhəng-pussolan yapışdırıcısı 4 markada istehsal edilir: 100, 150, 200. Müxtəlif markalı nümunələrin möhkəmlik göstəriciləri cədvəl 3.1.-də göstərilmişdir [54].

Cədvəl 3.1.

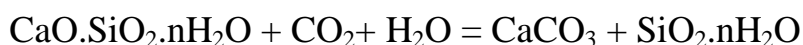
Əhəng tərkibli yapışdırıcıların möhkəmliyi

Yapışdırıcının markası	Möhkəmlik həddi, MPa az olmayaraq			
	əyilməyə qarşı		sıxılmağa qarşı	
	7 gündə	28 gündə	7 gündə	28 gündə
100	1,5	3,5	4	10
150	2	5	7	15
200	3	6,5	10	20

Vulkan mənşəli suxurlardan alınmış yapışdırıcının bərkiməsi zamanı alümosilikatla əhəng arasında gedən qarşılıqlı təsir zamanı sementləyici maddələr alınır. Bu suxurların tərkibi vulkan şüşəsində və seoliddən ibarət olur. Qələvi mühitdə şüşə və seolit hidroliz olunması nəticəsində məhlula silisium və alüminium ionları keçir. Bu ionlar kalsium ionu ilə kalsium hidrosilikatlar və alüminatlar yaradır. Yeni yaranan birləşmələrin çökməsi nəticəsində məhlula yeni silisium və alüminium ionları keçir və hidroliz prosesi davam edir.

Bu yapışdırıcıların havayadavamlılığının aşağı olmasının səbəbi odur ki, havada bərkimə zamanı helşəkilli birləşmələrin həcmi kəskin azalır, bununla sement daşında güclü yığılma və nəhayət mikroçatlər əmələ gəlir. Bu mikroçatlər

çox olduğundan sement daşının möhkəmliyi azalır. Digər tərəfdən V.N.Yunqun fikrincə havadakı karbon qazı kalsium-hidrosilikatlarla reaksiyaya girib, bir-biri ilə əlaqəsi olmayan tozşəkilli maddələr- kalsium karbonat və sulu silisium-4-oksidi əmələ gətirir:



Əhəng pussolan yapışdırıcısının bir sıra xassələri o, cümlədən möhkəmlik həddi aşağı və havayadavamlılığı isə zəif olur. Ona görə də əhəng pussolan yapışdırıcısının göstərilən mənfi cəhətlərini aradan qaldırmaq üçün kimyəvi əlavələrdən o, cümlədən hiperplastifikatorlardan istifadə etmək məqsədəuyğundur.

3.2. Hiperplastifikatorun əhəng-pussolan yapışdırıcısının üyüdülmə narınlığına təsiri

Məlum olduğu kimi əhəng-pussolan sementi prinsip etibarlı ilə bir-birindən fərqlənməyən iki texnoloji sxem üzrə istehsal edilə bilər. Aktivlik nöqtəyi nəzərinə sönməmiş əhəngdən istifadə etmək məqsədəuyğundur. Ona görə də təcrübələr sönməmiş əhəngin tətbiqi ilə aparıldı. Tədqiqat işində vulkan şüşəsinin miqdarı 85% olan Ceyrançöl vulkan külündən istifadə olundu. Təbii halda karxanadan gətirilmiş külün nəmliyi 6 %-dir. Üyüdülməmişdən əvvəl materiallar quruducu şkafda 1% nəmliyə qədər quruduldu. 20% sönməmiş əhəng, 5% gips daşı və 75% vulkan külü birlikdə laboratoriya kürəli dəyirmanında üyüdüldü. Üyüdülmə əməliyyatı müxtəlif müddətlərdə aparılmışdır. Üyüdülmə narınlığını təyin etmək üçün 008 № li ələkdən istifadə edilmişdir.

Üyüdülmə müddətinin yapışdırıcının üyüdülmə narınlığına təsiri

Yapışdırıcının tərkibi,%			Üyüdülmə müddəti, dəq.	008 № li ələkdə qalıq, %
Əhəng	Gips daşı	Vulkan külü		
20	5	75	30	16,5
20	5	75	45	10,8
20	5	75	60	8,7
20	5	75	90	18,8

Cədvəl 3.2-dən görüldüyü kimi üyüdülmə narınlığı 008 № li ələkdə 8,7 % qalana qədər azalır, sonradan isə üyüdülmə müddətinin uzanmasına baxmayaraq artır. Bu proses üyüdülmə vaxtı uzandıqca üyüdülmüş hissəciklərin yenidən aqreqasiya edərək iriləşməsi ilə əlaqədardır. Üyüdülmə prosesinin intensivliyini artırmaq və eyni zamanda üyüdülmə narınlığını artırmaq üçün aqreqasiya prosesini önləyən səthi-aktiv maddə kimi Melflux-2651 hiperplastifikatorundan istifadə edildi. Bu əlavənin üyüdülmə prosesinə təsirini öyrənmək üçün laboratoriya dəyirmanında üyüdülmə zamanı 0,15% Melflux-2651 qatıldı. Təcrübənin nəticələri cədvəl 3.3.-də verilmişdir.

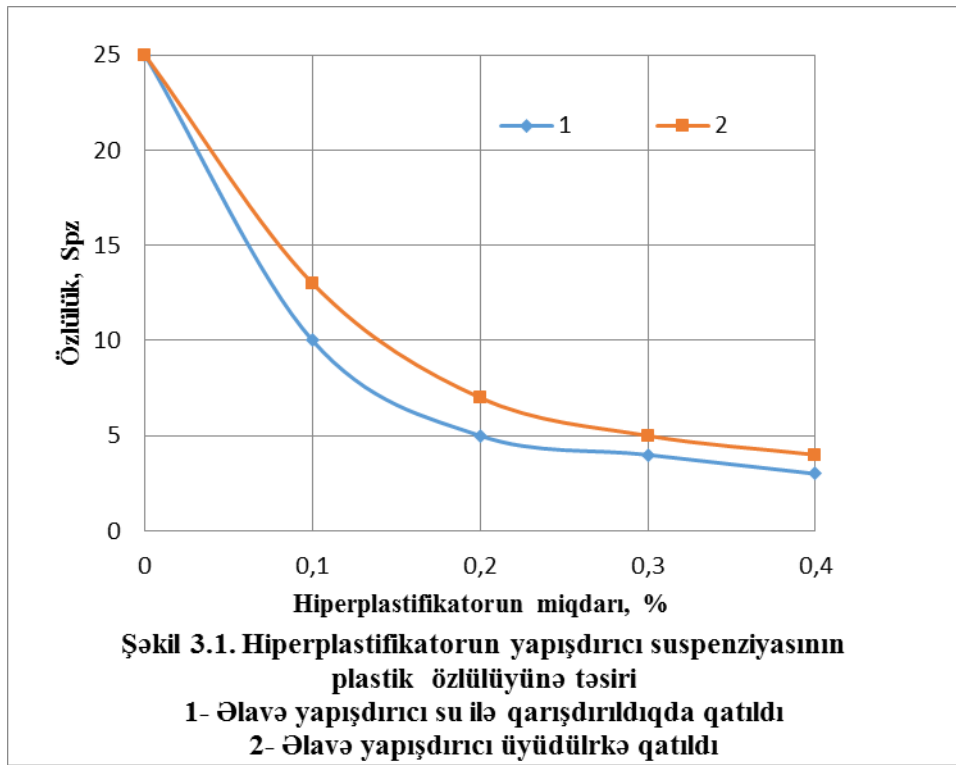
Cədvəl 3.3-də verilmiş nəticələrdən görünür ki, hiperplastifikator 30 dəqiqədə əlavəsiz tərkibə nisbətən 2 dəfəyə qədər azaldır. Bu isə hiperplastifikatorun üyüdülməyə intensivləşdirici təsirə malik olduğunu göstərir. Üyüdülmə müddətini 45 dəqiqəyə qədər artırıqda ələkdə qalıq 5,2%-ə qədər azalır. Hiperplastifikatorun miqdarının artırılmasına baxmayaraq üyüdülmə narınlığı demək olar ki, dəyişmir.

Melflux-2651-in yapışdırıcının üyüdülmə narınlığına təsiri

Yapışdırıcının tərkibi,%				Üyüdülmə müddəti, dəq.	008 № li ələkdə qalıq, %
Əhəng	Gips daşı	Vulkan külü	Melflux		
20	5	75	0,15	20	10,8
20	5	75	0,15	30	8,7
20	5	75	0,15	45	5,2
20	5	75	0,15	60	5,1
20	5	75	0,20	60	5,0

3.3. Hiperplastifikatorun əhəng-pussolan yapışdırıcısının quruluş əmələgətirməsinə təsiri

Sement sistemlərində quruluş əmələgətirmənin öyrənilməsi plastik özlülüyn və plastik möhkəmliyin təyini ilə həyata keçirilir. Yapışdırıcı suspenziyasının Plastik özlülüynü Rotasion viskozimetrin köməyilə ilə təyin edilir. Hiperplastikləşdiricilərin yapışdırıcı suspenziyasının özlülüynə təsiri şəkil 3.1-də verilmişdir. Su/sem nisbəti 0,50 olan sement suspenziyası əvvəlcə əl ilə qarışdırılır, sonra VSN-3 tipli viskozimetrdə özlülüynü təyin edilir.



Şəkil 3.1-dən görüldüyü kimi hiperplastikləşdiricinin miqdarı 0,2 %-dən yüksək olduqda sistemin özlülüyü kəskin azalır.

Hiperplastikləşdiricinin yapışdırıcıya verilmə üsulundan asılı olaraq onun təsir effekti müxtəlif olur [55-58]. Üyüdülmə zamanı əlavəni verdikdə qatqının müəyyən hissəsi hissəciklərə adsorbsiya olunaraq onun məsamələrində qalır. Ona görə də eyni effekti almaq üçün su ilə qarışdırılmaya nisbətən üyüdülmə zamanı qatdının miqdarı müəyyən qədər artırılmalıdır. Eyni özlülüyü (7 SPZ) almaq üçün Melflux miqdarı 0,15 %, olduğu halda üyüdülmə zamanı onun miqdarı 0,2 % təşkil edir. Polimer molekulları sement hissəcikləri üzərinə adsorbsiya olunaraq onları mənfi yüklə yükləyir. ξ -potensialın qiyməti -25-40 mV-a çatdıqda DLFO nəzəriyyəsinə görə hissəciklər bir-birlərini itələyir və sistem sıyıqlaşır. Bundan başqa, hiperplastikləşdirici molekullarının yan zəncirləri fəza effekti yaradaraq hissəciklərin

bir-birinə yaxınlaşmasına maneçilik törədir. Bunun nəticəsində yapışdırıcı suspenziyasının özlülüyü azalır.

Plastikləşdiricilik qabiliyyətini və normal qatılığı almaq üçün nə qədər su azalma təsirinə malik olduğunu qiymətləndirmək üçün ekspres analiz üsulundan istifadə edilmişdir. Bu üsulda çoxlu miqdarda təcrübələrin aparılması zamanı materiallara qənaət və təcrübənin incəliyini nəzərə alaraq Süttard viskozimetrinin kiçildilmiş variantından istifadə edilmişdir. Kiçildilmiş Süttard viskozimetrinin ölçüləri aşağıdakı kimi götürülmüşdür:

- diametri 25 mm;
- hündürlüyü 50 mm.

Su tələbinin və axıcılığının qiymətləndirilməsi qravitasiya axıcılığının başlanğıc sərhəddində slindrin yayılma diametri ilə təyin edilir. Bu zaman suspenziyanın axma həddi aşağıdakı formulla hesablanır [65]:

$$\tau_0 = hd^2\rho/kD^2$$

burada,

τ_0 –suspenziyanın axma həddi, Pa;

h - viskozimetrin hündürlüyü, m;

d - viskozimetrin diametri, m;

ρ - suspenziyanın sıxlığı, kq/m³;

D - viskozimetrin yayılma diametri, m;

K - özlüplastik məhlullarda gərginliyin paylanması nəzərə alan əmsal olub 2-ə bərabərdir.

Verilmiş viskozimetrlə sement xəmirinin yayılma diametrini yoxladıqda görünür ki, modifikatorları qatdıqda silindrin yayılması 15-16 mm həddində dəyişir. Silindrin yayılma diametri modifikatorun növündən və miqdarından asılı olaraq dəyişir və müəyyən həddən sonra dəyişməz qalır. Bu hədd modifikatorların polimolekulyar adsorbsiya həddinə uyğun gəlir. Təcrübənin nəticələri cədvəl 3.4.-də verilmişdir.

Cədvəl 3.4.

Hiperplastifikatorun əhəng-pussolan yapışdırıcısı məhlulunun axma həddinə təsiri

Sıra sayı	Suspenziyanın tərkibi			Su/Sem	Axıcılıq, sm	Suspenziyanın sıxlığı, kq/m ³	Suspenziyanın axma həddi, Pa
	Sement, q	Su, ml	Qatqı, %				
1	200	99,5	0,10	0,5	7,5	1837	51,02
2	200	99	0,20	0,5	14	1776	14,15
3	200	98,5	0,3	0,5	15	1755	12,18
4	200	98	0,40	0,5	16	1755	10,71

Verilmiş viskozimetrdə maksimum yayılmanı (16mm) tapdıqdan sonra yuxarıdakı formulla hesablayırıq ki, modifikatorun miqdarı 0,3-0,4% olduqda suspenziyanın axma həddi 10-12 Pa olur. Bu da suspenziyanın özünü artıq Nyuton mayesi kimi apardığını göstərir.

3.4. Hiperplastikləşdiricinin yapışdırıcı xəmirinin plastiki

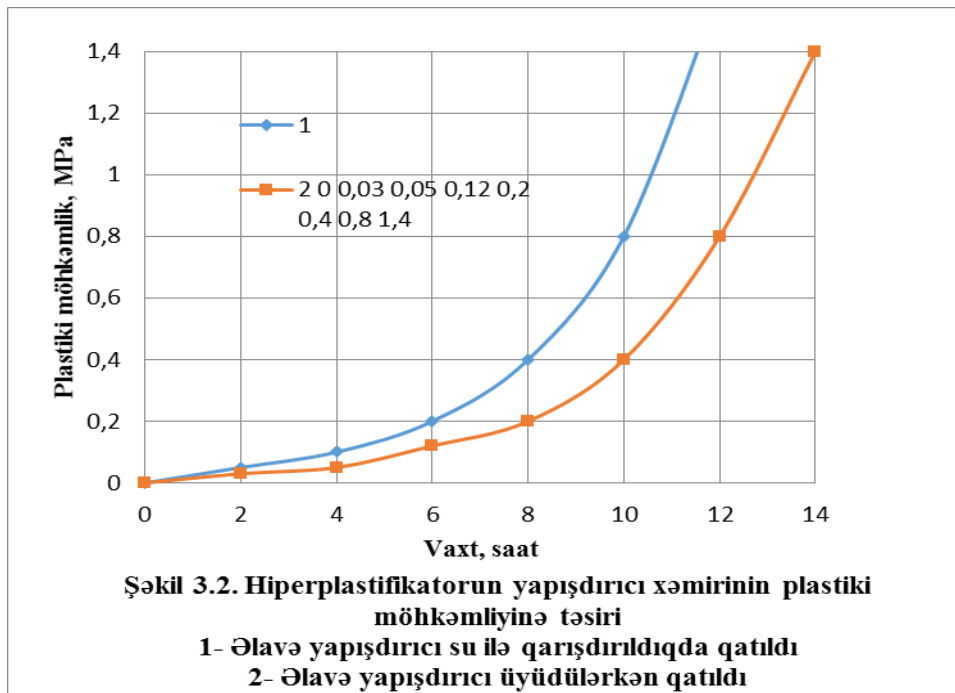
möhkəmliyinə təsiri

Sementin hidratasiyası zamanı məhlulda yeni yaranan birləşmələrin miqdarı daima artır və uyğun olaraq sistemlərin quruluşu yaranır. Superplastikləşdiricinin

quruluş əmələgətirmə prosesinə təsiri plastiki möhkəmliyinin dəyişməsi üzərində öyrənilmişdir.

Hiperplastifikatorun sement xəmirinin quruluş əmələgətirmə kinetikasına təsirini öyrənmək üçün lingli konusvari plastiklik ölçəndən (MDU) istifadə edilmişdir.

Hiperplastikləşdiricinin plastik möhkəmiyə təsirini şəkil 3.2.-də göstərilmişdir.



Alınmış nəticələr təsdiq edir ki, Melflux -2651 qatdıqda normal qatılıqlı xəmirin plastiki möhkəmliyi yığıma sürəti üyüdülmə zamanı qatılmış nümunələrə nisbətən daha zəif gedir. Üyüdülmə zamanı qatıldıqda xüsusi səth artdığına və hissəciklər narınlaşdığına görə bərkimə sürətlənir. Plastiki möhkəmliyin artma intensivliyi su ilə qarışdırılma halını 2 saat qabaqlayır.

3.5. Hiperplastifikatorun əhəng-pussolan yapışdırıcısının xassələrinə təsiri

Əhəng-pussolan yapışdırıcının xassələri mineral-aktiv əlavələrin növlərindən asılıdır. Lakin vulkan süxurlarının növünün və miqdarının dəyişilməsinə baxmayaraq yapışdırıcının markasını kifayət qədər yüksəltmək və xassələrini idarə etmək mümkün olmur. Ona görə də beton sənayesində geniş tətbiq sahəsi tapmış kimyəvi əlavələrdən olan hiperplastifikatorların əhəng-pussolan yapışdırıcının xassələrinə təsirini öyrəmək.

Hiperplastifikatorun təsir mexanizmi onların kimyəvi tərkibindən və faza quruluşundan asılıdır. Polikarboksilat efirləri tikilmiş sopolimer quruluşlu olub, əsas zəncir və ona birləşmiş yan birləşmələrdən ibarətdir. Bu tip hiperplastifikatorların təsiri elektrostatik və faza effektlərinin məcmusundan ibarətdir. Faza effekti polikarboksilat efiri molekuluna birləşmiş yan hidrofob poliefir zəncirlərinin köməyi ilə yaranır. Bunun hesabına polikarboksilatların şüazaltma və plastikləşdiricilik təsirləri adı superplastikləşdiricilərə nisbətən bir neçə dəfə yüksək və uzunmüddətli olur.

Sintez şəraitindən asılı olaraq müxtəlif uzunluqlu yan poliefir zəncirləri və müxtəlif sıxlıqlı yüklərdən ibarət polikarboksilatlar alınır. Bu molekulda müxtəlif nisbətdə faza effekti və anion aktivliyi yaratmağa imkan verir. Belə ki, polikarboksilatlar üçün xarakterik olan gecikmə effekti əsas zəncirin uzunluğunun yan zəncirə nisbətinin dəyişməsi ilə əlaqələndirilir.

Yan zəncirin uzunluğunun artması və əsas zəncirin qısaldılması yapışdırıcı hissəciklərinin səthində hiperplastifikatorun adsorbsiya sıxlığının azaldılmasına gətirib çıxarır. Bu polimer təbəqəsi ilə örtükdən yapışdırıcının aktiv mərkəzlərin müəyyən hissələrinin azad olmasına imkan verir.

Melflux 2651 hidratasiyaya güclü təsir edir. Bu əlavənin yan zənciri qısa molekul kütləsi yüksəkdir. O ətraf mühitin temperaturu yüksək olan yay vaxtı axarlılığı saxlamaq üçün beton qarışıqlarında (beton qarışdırıcı maşınlarla daşınma zamanı) istifadə olunur.

Hiperplastifikator əhəng-pussolan yapışdırıcısına üyüdülmə vaxtı əlavə olunmuşdur. Hiperplastifikator kimi Melflux-2651-dən istifadə olunmuşdur. Tədqiqatın nəticələri cədvəl 3.5-də verilmişdir. Əhəng-pussolan yapışdırıcısı Ceyrançöl vulkan külü əsasında hazırlanmışdır. Tədqiqat aparılarkən müqayisə üçün 400 markalı portlandsementdən də istifadə olunmuşdur. Üyüdülmə vaxtı narınlığı nizamlamaq üçün əlavə olunmuş hiperplastifikator iki funksiyanı yerinə yetirmişdir. O həm üyüdülmənin intensivləşdiricisi, həm də sistemin axarlılığını artırmaq üçün plastikləşdirici rolunu oynayaraq plastikləşdirilmiş əhəng-pussolan yapışdırıcısı almağa imkan vermişdir [57].

Cədvəldən göründüyü kimi əhəng-pussolan yapışdırıcının normal qatılığı 21-23% arasında dəyişir. Melflux -2651 qatdıqda yapışdırıcının xüsusi səthi 4500 sm²/q-dən 7500 sm²/q -ə qədər artır. Bu zaman yapışdırıcının möhkəmliyi 36,4-40,0 MPa olur.

Melflux 2651-in əhəng-pussolan yapışdırıcısının xassələrinə təsiri

Sıra	Yapışdırıcının növü	Xüsusi səthi, sm ² /q	Normal qatılıq, %	Tutma müddəti, dəq.		Sıxılmağa qarşı möhkəmlik həddi, Mpa	
				başlanğıc	son	7 gün	28 gün
1	PS-M400	3100	26,5	85	175	25,2	40,5
2	Əhəng-pussolan	3500	21,0	140	220	20,1	36,4
3	___»___	4500	21,5	100	205	21,4	38,4
4	___»___	6500	22,0	80	160	25,0	40,0
5	___»___	7500	23,0	65	130	26,4	42,2
6	___»___	6500	22,0	100	205	40,4	57,2

Cədvəldəki 6-cı tərkib avtoklav emalından keçmişdir. Göründüyü kimi yapışdırıcının möhkəmlik həddi 57,2 MPa təşkil edir.

Тядвял 3.5-дяки 4-ты тяркибин нятигьяларинин дцзэцнлцц рийази анализ цсулунун кюмяйи иля йохланылмышдыр. Əhəng-pussolan yapışdırıcısının Melflux verildikdən sonra 7 günlük мюцкямлик щяддини тьяин едяркян ашабыдакы нятигьяляр алынмышдыр: (МПа): 25,2; 24,8; 22,5; 21,6; 23,7; 25,2; 23,7; 25,2; 23,7; 21,6; 23,2; 23,7; 22,5; 23,7; 24,3; 22,6; 24,3; 23,2; 21,6; 22,4. Тяърцбянин нятигьяларини ашабыдакы тядвяля 3.6. –да йзага.

Йохламанын нятыгяляри

Илкин вериянляр X_i , %	тезлик p_i	1 ишлямя		$X_i p_i$
		$X_i - x$	$(X_i - x)^2 \cdot p_i$	
21,6=64,8	3	-1,7	2,89.3	21,6. 2
22,4	4	-0,9	0,81	22,4
22,5=45	2	-0,8	0,64. 2	22,5. 2
22,6	1	-0,7	0,49	22,6
23,2=46,4	2	-0,1	0,1. 2	23,2. 2
23,7=94,8	4	0,4	0,16. 4	23,7. 4
24,3=48,6	2	1,0	1,0. 4	24,3. 2
24,8	1	1,5	2,25	24,8
25,2=50,4	2	1,9	3,61. 2	25,2. 2

419,8 18 1,18

1. $x=23,3$

2. Орта рийази гиймяти щесаблаяг:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

3. Айры-айры йохламаларын сящвлярини щесаблаяг (мцтляг сящв):

4. Орта квадратик кянара чыхма S

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{23,76}{18-1}} = \sqrt{1,4} = 1,18\%$$

$$U = \frac{X_{\max} - \bar{X}}{\sqrt{\frac{n-1}{n}} S} = \frac{25,2 - 23,3}{\sqrt{\frac{18-1}{18}} \cdot 1,18} = 1,8$$

5. Статистик сырада кобуд сящвляри цзя чыхармаг ццн вя артырмаг мягсядиля кобуд сящвлярин йаранма критерийалары щесабланыр U_{\min} вя U_{\max}

Ъядвядян тапырыг ки, $n=18$ вя етибарлылыг $p=0,99$ олдугда $U_{\max}=2,91$ олур. Яэяр $U_1 > U_{\max}$, онда X_{\max} атылыр. $1,8 < 2,9$ олдуьуна эюря 25,2 сахланылыр. $U_2 < U_{\max}$ ($1,61 < 2,9$) олдуьуна эюря X_{\min} -да, йя'ни 21,6-да сахланылыр.

7. Дисперслийи щесаблаяг:

$$D = S^2 = 1,18^2 = 1,39 \%$$

8. Вариасийа сабитини тапаг:

$$V = \frac{S \cdot 100}{\bar{X}} = \frac{1,18}{23,3} = 5.1$$

9. Орта ъябри гиймятин орта квадратик сящвини щесаблаяг

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \frac{1,18}{\sqrt{18}} = 0,28$$

10. Етибарлылыг интервалынын сярщядлярини щесаблааг: гиймятини
 вя юлчмя дягиглийини. Бунун цццн етибарлылыг ещтималы верилир, мясялян
 $\Phi(t) = 0,99$ цццн $t = 2,93$ тапырыг.

а) юлчмя гиймятинин етибарлылыг интервалы ашааыдакы кими

$$\bar{X} \pm \mu$$

тапылыр:

Етибарлылыг интервалынын сярщядди беаядир:

$$23,3 - 3,5 < X < 23,3 + 3,5$$

$$19,8 < X < 26,8$$

б) Юлчмя дягиглийинин етибарлылыг интервалы ашааыдакы кими

$$X \pm \sigma$$

тя'йин олунур:

$$\sigma = t \cdot S_{\bar{x}} = t_{ct} \frac{S}{\sqrt{n}} = 2,93 \cdot 0,28 = 0,82$$

Юлчмя дягиглийинин етибарлылыг сярщядди $\Phi(t) = 0,99$ -да ашааыдакы
 кимидир:

$$23,3 - 0,82 < a < 23,3 + 0,82$$

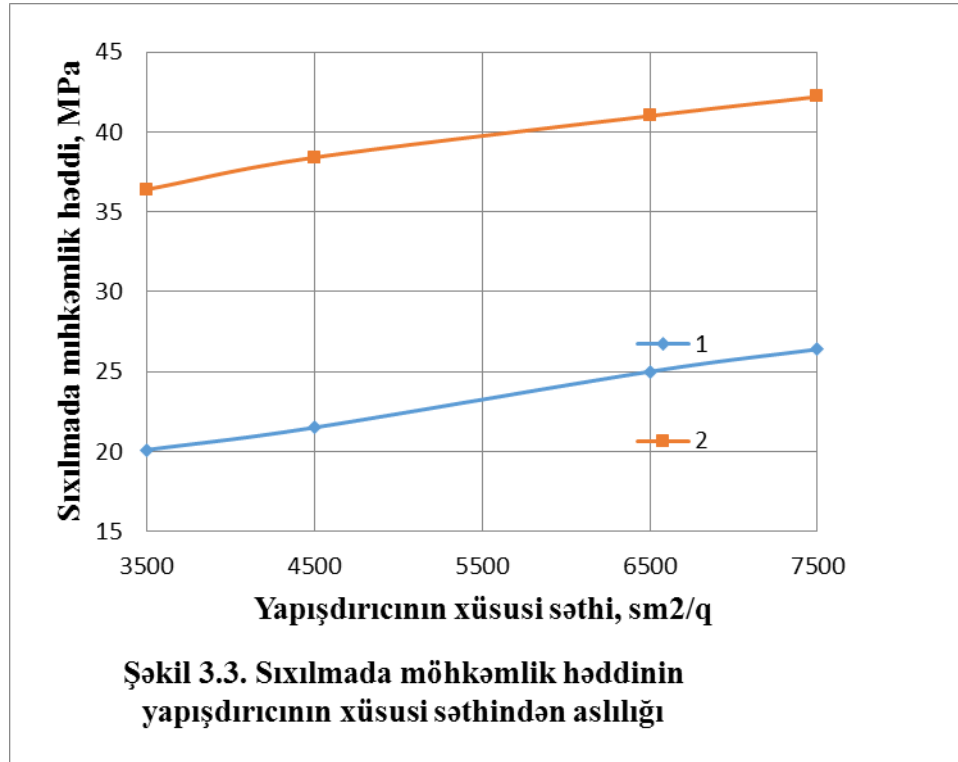
$$22,48 < a < 24,12$$

11) Юлчмянин нисби хятасы таяин едилир:

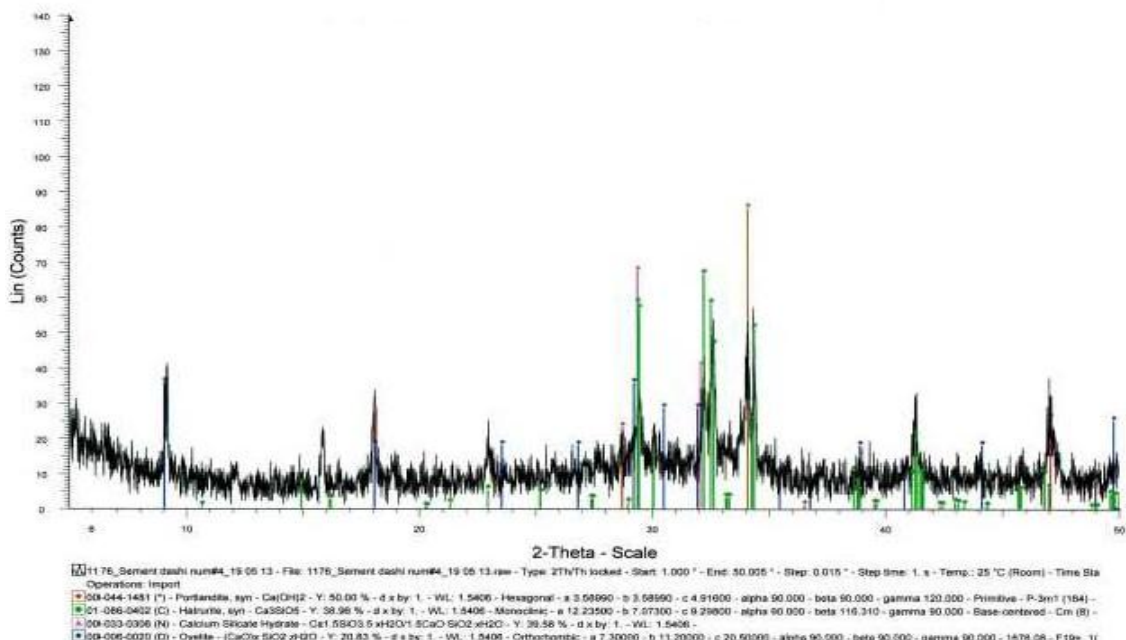
$$E = \frac{\sigma}{X} \cdot 100 = \frac{0,82}{23,3} \cdot 100 = 3,5\%$$

Беаяликля, йухарыда апарылмыш сттистик анализ цсулунун нятиьяляри
 эюстярди ки, таярцбья нятиьясиндя алынмыш гиймятлярин щеч бири стандарт
 хятаны кечмир. Йяни сынаг ишляри дягиг йериня йетирилмишдир.

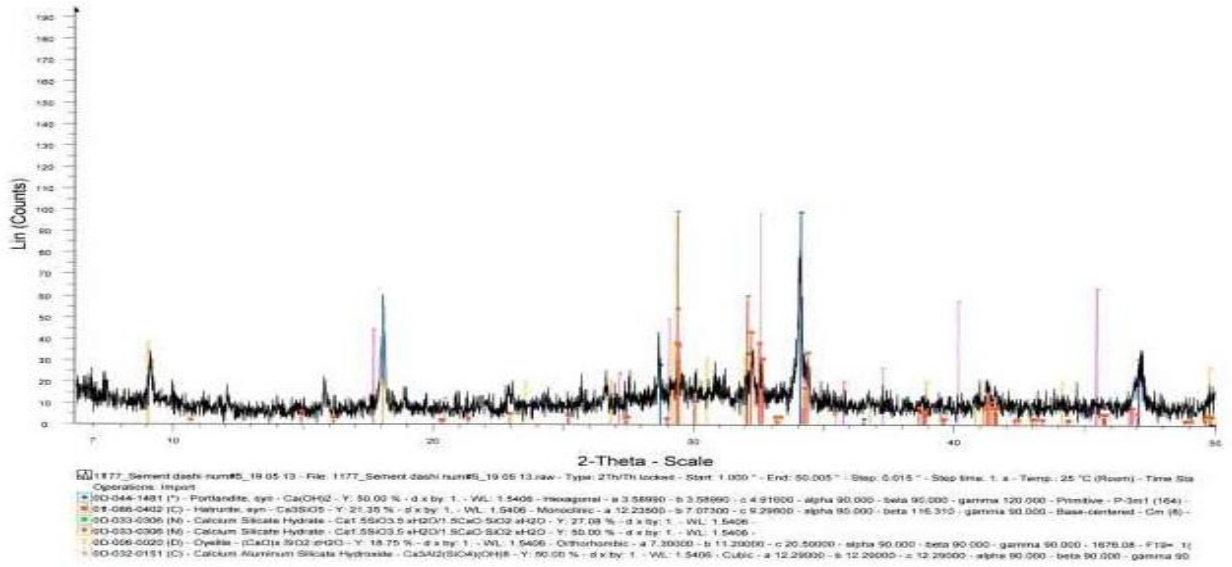
Hiperplastifikatorun tətbiqi ilə alınmış əhəng püssolan yapışdırıcısının üyüdülmə narınlığından asılı olaraq sıxılmada möhkəmlik həddinin kinetikaş səkisi 3.3-də verilmişdir. Göründüyü kimi üyüdülmə narınlığı artdıqca yapışdırıcının sıxılmada möhkəmlik kinetikaş xətti olaraq artır.



Mineroloji tərkibinin analizi göstərdi ki, əhəng-püssolan yapışdırıcısının hidratisiya məhsulları əsasən qarışıq hidrosilikatlardan, həmçinin müəyyən qədər hidrosülfoalüminatdan ibarətdir (şəkil 3.4., 3.5).



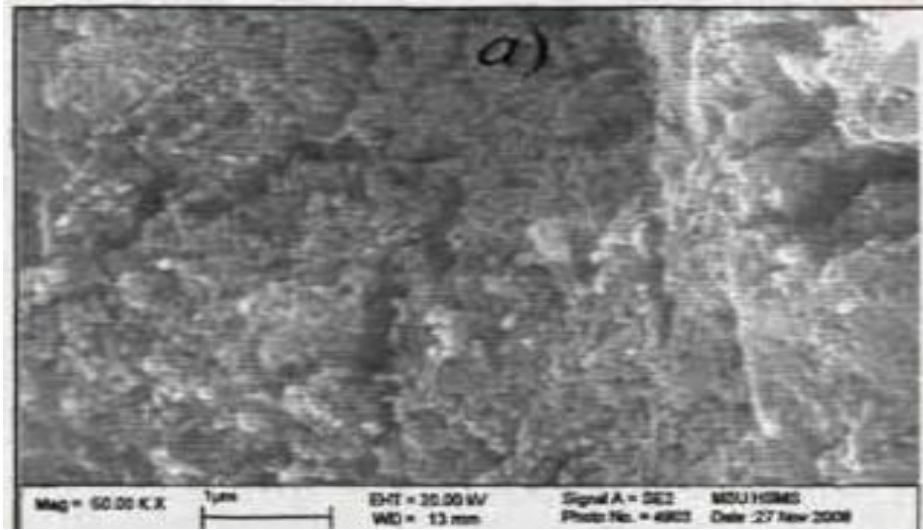
Şəkil 3.4. Əhəng-pussolan yapışdırıcısının pengən faza analizi
(yüydülmə narınlığı 4500 sm²/q)



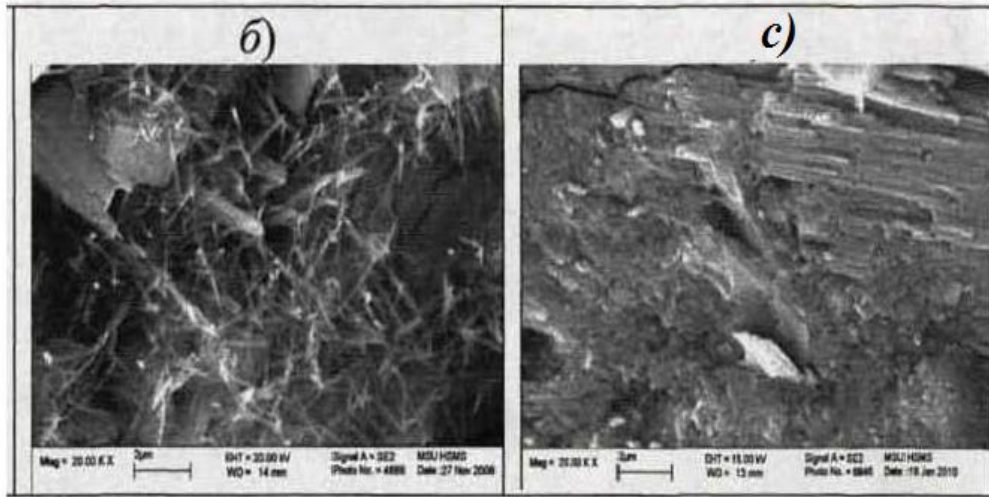
Şəkil 3.5. Əhəng-pussolan yapışdırıcısının pengən faza analizi
(yüydülmə narınlığı 6500 sm²/q)

Pengən faza analizi göstərdi ki, üyüdülmə narınlığı artdıqca mineral əlavələrin əhənglə reaksiyaya girmə qabiliyyəti artır, və yeni yaranmış hidrosilikatların miqdarı çoxalır.

Əhəng-pussolan yapışdırıcısı əsasında alınmış daşın mikroquruluşu elektron mikroskopunda analiz edilmişdir (Şəkil 3.6,3.7.).



Səkil.3.6. Əhəng-pussolan yapışdırıcısı əsasında alınmış daşın mikroquruluşu (28 gün bərkimədən sonra)



Səkil.3.7. Melflux 2651-in tətbiqi ilə əhəng-pussolan yapışdırıcısı əsasında alınmış daşın mikroquruluşu (3 və 28 gün bərkimədən sonra)

Melflux tətbiq etdikdə əhəng-pussolan yapışdırıcısının hidratasiya məhsulları əsasən aşağıəsaslı hidrosilikatlardan ibarət olur (səkil 3.7.). 3 gün bərkimədən sonra mikroquruluşda zəif kristallaşmış birləşmələr müşahidə olunur. 28 gündən sonra sıx kristallaşmış strukturun yaranması ilə möhkəmlik yüksəlir.

ÜMUMİ NƏTİCƏLƏR

1. Tədqiqatlar nəticəsində və istehsalat təcrübələri vasitəsilə məlum edilmişdir ki, sement narınlığına qədər üyüdülmüş və ya narın dispers halında olan təbii mineral maddələr sement sənayesində klinkerə xeyli qənaət etməyə imkan verdiyinə görə qiymətli xammal hesab olunur. Belə narın dispers materiallar aşağı və orta markalı beton və məhlulların hazırlanmasında tətbiq olunan yüksək markalı klinkerli sementlərin bir hissəsini əvəz edə bilər.
2. Məlum edilmişdir ki, vulkan süxurlarının aktivliyi, yəni tərkibində aktivləşdiricilərin təsiri ilə reaksiyaya qabil olan komponentlərin miqdarı artdıqca optimal tərkibli yapışdırıcı istehsal etmək üçün sementin tərkibində əhəng komponentinin miqdarını artırmaq lazımdır.
3. Müəyyən edilmişdir ki, əhəng-pussolan yapışdırıcısının markasını yüksəltmək üçün onun xüsusi səthini artırmaq lazımdır. Lakin üyüdülmə narınlığını artıran zaman hissəciklərin Van-der-vaals qüvvələrinin təsiri ilə yapışması nəticəsində aqreqasiya etdiyinə görə üyütmə əməliyyatını tam aparmaq olmur və üyüdülmənin müəyyən vaxtından sonra əks proses gedir. Tədqiqatlar göstərmişdir ki, aqreqasiya prosesini hiperplastifikatorları verməklə aradan qaldırmaq olur.
4. Üyüdülmə narınlığını və uyğun olaraq sementin markasını artırmağın əsas yollarından biri hiperplastifikatorların tətbiqidir. Melflux-2651 tipli hiperplastifikatoru qatmaqla əhəng-pussolan yapışdırıcısının quruluş əmələgətirməsini idarə etmək və uyğun olaraq onun möhkəmlik həddini 42 MPa qədər artırmaq olur.

5. Hiperplastifikatorun əhəng-pussolan yapışdırıcısına adsorbsiya prosesi öyrənilmiş və sement suspenziyasının reoloji xassələrinə təsiri tədqiq edilmişdir. Məlum edilmişdir ki, Melflux-2651 tipli hiperplastifikatoru qatdıqda sement suspenziyasının özlülüyü əlavənin 0,3 %-ə qədər kəskin azalır və ondan yuxarı qatılıqlarda əlavənin özlülüyə kəskin təsiri müşahidə edilmir.
6. Məlum edilmişdir ki, hiperplastifikator əhəng-pussolan yapışdırıcısının mikroquruluşunu nizamlayaraq daxa sıq quruluşun əmələ gəlməsini təmin edir.

ӘДӘБИҮҮАТ

1. Высоцкий, С.А. Минеральные добавки для бетонов/ С.А. Высоцкий //Бетон и железобетон. - 1994. - №2. - С 7-10.
2. Малооков, Е.А. Зола-унос - эффективная гидравлическая добавка /Е.А. Малооков, А.В. Щербинин, М.Б. Петровский /Цемент и его применение.- 2001. - №1. - С. 33-35.
3. Аллилуева, Е.И. Золошлаки от сжигания бурых углей - активная минеральная добавка в цемент //Цемент и его применение.- 2004. - №3. - С. 26-27.
4. Падовани Д., Коркоран Б. Повышение качества цементов, полученных с использованием гранулированного доменного шлака (ГДПТ) и интенсификаторов помола, //Цемент и его применение. -2004.-№6.-С. 36-39.
5. Урханова, Л.А. Вяжущие и бетоны на основе вулканических шлаков / Л.А. Урханова, М.Е. Заяханов //Строительные материалы. - 2006. -№7. - С. 22-24.
6. Захаров С.А., Калачик Б.С. Высокоактивный метаксаолин — современный активный минеральный модификатор цементных систем //Строительные материалы. - 2007. - №5. - С. 56-57.
7. Caladrone, M.A. High Reactivity Metakaolin: A. New Generation of Mineral Admixture. / M.A. Caladrone, K.A. Gruber and R.G. Burg // Concrete International. Now. - 1994. - Vol. 16. - № 11. - P. 32-40.

8. Хардаев, П.К. Смешанные вяжущие на основе вулканических пород Забайкалья /П.К. Хардаев, Е.В. Гончикова, А.В. Убонов // Строительные материалы. - 2007. - №7. - С. 80-81.
9. Османов, Н.Н. Смешанные вяжущие на основе дисперсных минеральных добавок / Н.Н. Османов, Ф.Р. Гаджилы, Б.С. Сардаров // Цемент и его применение. - 2005. - №1. - С. 56-57.
10. Камалиев Р.Т. Портландцемент с добавкой ультрадисперсных кремнеземов / Р.Т. Камалиев, В.И. Корнеев, А.С. Брыков // Цемент и его применение. - 2009. - №1. - С. 86-89.
11. Middendorf B. Nanoscience and nanotechnology in cementitious materials / B. Middendorf, N.B. Singh //Cement International. - 2006. - №4. -С 80-86.
12. Комохов П.Г. Золь-гель как концепция нанотехнологии цементного композита // Строительные материалы. - 2006. - № 9. - С. 89-90.
13. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон.-М., Стройиздат, 1989.-186с.
14. Юнг В.Н., Тринкер В.Д. Поверхностно-активные гидрофильные вещества и электролиты в бетонах.-М.: Госстройиздат, 1960.-164с.
15. Иванов Ф.М., Батраков В.Г., Лагойда А.В. Добавки к бетонам и строительным растворам //Бетон и железобетон, 1974, № 6, с. 2-5.
16. Melleur Richard History of chemical admixtures for cement. C. Concr. Int. des. and Constr., 1984, v.6, N 4, p.40-53.

17. Энциклопедия полимеров, т.2.-М.6 Советская энциклопедия. 1974. стр.663-666.
18. Hewlett P., Rixom R. Superplasticized concrete. – Concrete, 1976, v.10, N9, p.39-42.
19. Байрамов Ф.А., Тимашев В.В., Колбасов В.М. и др. Исследование влияния высокоэффективных пластификаторов на кинетику кристаллизационного структурообразования в цементном тесте в ранние сроки твердения. –тр. МХТИ им. Д.И.Менделеева, 1978, № 100, с. 74-76.
20. Nadatki S. On the use of superplasticizer. – Journal of PCEA, -v.20, extra number Special Issue for 8-th FIR Congress.
21. Malhotra N.M. Perfomanct of Superplasticized Concrete that have high woter – to- cement ratios. –Transp. Res.Rec., 1979, N 720, p. 28-34.
22. Гарнаруцкий Г.М., Малинин Ю.С., Грибанова Н.В. и др. Новые пластифицирующие добавки к цементу и бетону –Цемент, 1980, № 9, С. 13-15.
23. Kondo R., Daimon M., Sakai E. Interaction between cement and organic polyelectrolites. –Cemento, 1978, v. 75, N 3, pp. 225-230.
24. Пат. 431680 (Великобритания). Complete Specification. –Improvements in colored concr. Заявл. 08.11.33 г. № 311113/33; опубл. 07.07.35 г.
25. Тимашев В.В., Колбасов В.М., Байрамов Ф.А. Суперпластификатор – новая полифункциональная добавка к бетону. –Реферативная инфор.

- ВНИИЭСМ, Серия Промышленность сборного железобетона. –1978, в. 5, с.5.
26. Черкинский Ю.С., Юсупов Р.К. Высокоэффективный пластификатор бетонных смесей. - Реферативная инфор. ВНИИЭСМ, Серия Промышленность сборного железобетона. –1978, в. 1, с.3
27. Долгополов Н.Н. Миротворцев И.И., Бабаев Ш.Т. Испытание суперпластификатора 10-03 при производстве панелей внутренних стен. - Реферативная инфор. ВНИИЭСМ, Серия Промышленность сборного железобетона. –1978, т. 1, с.7-8.
28. Иванов Ф.М., Москвин В.М., Батраков В.Г. и др. Добавки для бетонных смесей- суперпластификатор С-3. – Бетон и железобетон, 1978, № 10, с.13.
29. Superplasticizing admixtures in concrete. – Report of Joint working Parti of the Ctmtnt and Concrete Association and the Concrete Admixtures Association, London, 1976, January, pp. 131-132.
30. Пат. 3686133 (США) . Dispersing composition / К. Hattori, Т.Yamakawa, А.Tuji. –Заявл. 15.07.70; опубл. 22.08.72; НКА 252-354.
31. А.С. 950690 (СССР) Поверхностно-активная добавка /Г.Н.Тарнаруцкий, Н.В.Грибанова, А.А.Кругликов и др. – Заявл. 11.04.80, № 2909286,33; опубл. в Б.И. 1982 № 30 МКИ с 04 в 13/24.
32. Труды международной конференции по проблемам ускорения твердения бетона при изготовлении сборных железобетонных конструкций. –М.: Стройиздат, 1968.-400с.

33. Ramachandran V.C. Cement and Concrete Research, 1972, 2, N 2, h. 179.
34. Калашников В. И. Терминология науки о бетонах нового поколения // Строительные материалы. № 3. 2011. С. 103-106.
35. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. – М., Технопроект. 1998. – 768 с.
36. Химические добавки для модификации бетона: монография / В.С. Изотов, Ю.А. Соколова. -М.: Казанский Государственный архитектурно-строительный университет: Издательство «Палеотип», 2006. - 244 с.
37. Добролюбов Г., Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Прогнозирование долговечности бетона с добавками. М.: Стройиздат. 1983. С. 134
38. Базанов С.М., Торопова М.В. Самоуплотняющийся бетон – эффективный инструмент в решении задач строительства. URL: <http://www.allbeton.ru/article/36/13.html> (дата обращения: 09.01.2013).
- официрующие добавки для сухих строительных смесей. URL:<http://www.trotuar.ru/forms/articles/superpl.shtml> (дата обращения: 15.03.2012).
39. Касторных Л.И. Добавки в бетоны и строительные растворы. Учебное пособие / Касторных Л.И.. – Ростов-на-Дону.: Феникс, 2005. – 221 с.
40. Каталог химических добавок для бетонов и растворов. М.: МАДИИ /ГТУ. 2002. - 10с.
41. Jeknavorian A., Roberts L., Jardine L. et al. Condensed Polyacrylic Acid-Aminated Polyether Polymers as Superplasticizers for Concrete. //

Proceedings Fifth CANMET/ ACI Int. Conference. Rome, Italy, 1997, SP 173-4

42. Ohta A., Sugiyama T., Tanaka Y. Fluidizing Mechanism and Application of Polycarboxylate-Based Superplasticizers // Proceedings Fifth CANMET/ACI Int. Conference. Rome, Italy, 1997, SP 173-19.
43. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Батраков В.Г. Комплексный модификатор бетона марки МБ-01. // Бетон и железобетон, № 5, 1997, с.38-41.
44. Батраков В.Г., Файнер М.Ш. Ресурсосберегающий эффект модификаторов бетона //Бетон и железобетон.- 1991- №3. -С.3-5.
45. Houst Y.F., Bowen P., Perche F. Design and function of novel superplasticizers for more durable high performance concrete (superplast project). Cem. and Concr. Res. 2008. V. 38, pp. 1197-1209.
46. Giraudeau C., d'Espinose de Lacaillerie J.-B., Souquir Z. et al. Surface and intercalation chemistry of polycarboxylate copolymers in cementitious systems. J. Am. Cer. Soc., 2009. V. 92, №11, pp. 471-2488.
47. Калашников В. И. Как превратить бетоны старого поколения в высокоэффективные бетоны нового поколения //Бетон и железобетон. № 1. 2012. С. 82-89.
48. Дятлов А.К., Харченко А.И., Баженов М.И., Харченко И.Я. Композиционное вяжущее для мелкозернистых самоуплотняющихся бетонов // Технология бетонов. –2013, №3. – С. 40-43.

49. Пустовгар А.П., Бурьянов А.Ф., Василик П.Г. Особенности применения гиперпластификаторов в сухих строительных смесях. // Строительные материалы. –2010, №12. – С. 61-64.
50. Несветаев Г.В., Давидюк А.Н. Гиперпластификаторы «Melflux» для сухих строительных смесей // Строительные материалы. – 2010, №3. – С. 38-39.
51. Вовк А.И. «Реламикс Торкрет»: механизм действия и особенности набора прочности торкрет-бетоном. Технологии бетонов, 2011, № 11-12. – С. 25-27.
52. Yamada K. A Summary of important characteristics of cement and superplasticizers. Proc. of Ninth ACI International Conference. Seville, Spain, 2009.
53. Yamada K., Ogawa S., Hanahara S.. Working mechanism of poly-beta-naphthalene sulfonate and polycarboxylate superplasticizers types from point of cement paste characteristics. ACI SP-145. – P. 367-382.
54. Sərdarov B.S., Quvalov A.A., Ağayeva S.İ. Yapışdırıcı materialların kimyəvi texnoilogiyası, Bakı 2000, 306 c.
55. Bian R.B., Miao C.W., Shen J. Review of chemical structures and synthetic methods for polycarboxylate superplasticizers. Eighth CANMET/ACI International Conference. Sorrento, Italy, 2006. Suppl. Papers, pp. 133-144.

56. Вовк А.И. О некоторых особенностях применения гиперпластификаторов. Часть 2 // Технологии бетонов. -2007. - № 6. - С. 18-19.
57. Spiratos N., Page M., Mailvaganam N.P. et al. Superplasticizers for Concrete. Fundamental, Technology and Practice. Marquis. 2006, 322 p.
58. Quvalov A.A., Yusubova Ə. Hiperplastikləşdiricilərin yapışdırıcının xassələrinə təsiri. AMİU Tələbə və magistrantların XXXVIII Elmi konfransının materialları, II hissə, Bakı 2016, səh. 152-154.
59. Quvalov A.A. Hiperplastifikatorların sement sistemlərinə təsiri AzMİU Elmi əsərləri, №2, Bakı 2007, səh. 127-129
60. Quvalov A.A. Superplastifikatorların təsiri ilə klinkersiz yapışdırıcının xassələrinin nizamlanması AzMİU 25 illik yubileyinə həsr olunmuş Beynəlxalq Elmi konfransın materialları, Bakı 2001, səh. 76.