

NANOMODİFİKASIYA OLUNMUŞ SEMENT SİSTEMLƏRİNİN XASSƏLƏRİNİN İDARƏ OLUNMASI

Quvalov Abbas Abdurəhman oğlu- t.e.d., prof., Materialşünaslıq kafedrası, AzMİU,
abbas-guvalov@mail.ru

Abbasova Səidə İskəndər qızı- k.e.n., dosent, Materialşünaslıq kafedrası, AzMİU
saida.abbasovai@mail.ru

Annotasiya. Xüsusi hazırlanmış nanoölçülü modifikatorların tətbiqi ilə sement sistemlərinin reoloji xarakteristikasının, tutma və bərkimə kinetikasının idarə olunması sübut edilmişdir. Sement sistemlərinin modifikasiyası Betonmix HP 1211-A hiperplastikləşdiricisinin maye şüşə ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində sintez olunmuş SiO₂ nanohissəcikləri və polikarboksilat əsasında xüsusi olaraq hazırlanmış kompleks nanomodifikatorun (KNM) istifadəsi ilə aparılmışdır. Bu üsulun özünəməxsusluğu nanohissəciyin zol-gel üsulu ilə alınmasıdır. Bu kompleks nanomodifikator sement sistemlərinin bərkiməsi zamanı su ilə birlikdə istifadə olunur. Müəyyən edilmişdir ki, sintez olunmuş KNM tətbiqi sement xəmirinin özlülüyünü 2,05 dəfə azaltmağa imkan verir, tutma müddətini uzadır, bərkimənin ilk günündə möhkəmliyi modifikasiya olunmamış sistemlərlə müqayisədə 4 dəfə artırır. KNM-in optimal miqdarı sementin kütləsinin 1,0 %-ni təşkil edir. Alınmış nəticələr hissəciklərin strukturəməlgəlmədə rüşeym, kristallaşma üçün əsas, yeni birləşmələrin mərkəzi rolunu ifadə etməsi ilə bağlıdır.

Açar sözlər: sementin bərkimə sistemi, maye şüşə, SiO₂ əsasında kompleks nanoəlavələr, polikarboksilat, nanomodifikasiya.

MANAGEMENT OF THE PROPERTIES OF NANOMODIFIED CEMENT SYSTEMS

Guvalov Abbas Abdurahman- Ph.D, doctor of tech. sc, prof, department of Materials science,
AzUAC, abbas-guvalov@mail.ru

Abbasova Saida Iskandar- Ph.D, ass. prof, department of Materials Science, AzUAC,
saida.abbasovai@mail.ru

Abstract. The management of rheological characteristics, retention and solidification kinetics of cement systems with the use of specially designed nanoscale modifiers has been proven. Modification of cement systems was made using SiO₂ nanostructured synthesis nanostructures (KNM) based on the synthesis of Betonmix HP 1211-A hyperplasticizer with liquid glass. The peculiarity of this method lies in the fact that nanoparticles are obtained by the zol-gel method. This complex is used in conjunction with water when reinforcing nanomodifier cement systems. It has been established that the application of the synthesized KNM allows to reduce the amount of cement dough by 2.05 times, extends the retention time, and increases the strength of the solid on the first day by 4 times compared to the unchanged systems. The optimal KNM content is 1.0% of the cement mass. The obtained results are due to the fact that particles express the central role of new compounds in the structure, the key to crystallization, and crystallization.

Keywords: cement solidification system, liquid glass, complex nanoadditives based on SiO₂, polycarboxylate, nanomodification.

Giriş. Mürəkkəb konstruksiyalı binaların tikintisi yüksək inşaat-texniki xassələrə malik yeni nəsil polifunksional betonların tətbiqi olmadan mümkün deyil. İlin isti günlərində binaların tikintisi zamanı beton qarışığının uzaq məsafədən daşınması və betonlama prosesinin optimallaşdırılması üçün sement sistemlərinin modifikasiya olunması vacib məsələlərdən biridir. Digər tərəfdən aşağı və mənfi temperaturalarda betonun marka möhkəmliyini tez bir zamanda yığması üçün bərkimə müddətini qısaltmaq lazımdır.

Ona görə də yüksək möhkəmlikli betonların tutma və bərkimə rejimlərinin idarə olunması aktual problemdir. Yeni nəsil yüksək möhkəmlikli betonların alınması üçün onların quruluşu mikro

və nanohissəciklərlə modifikasiya olunmalıdır [1,4]. Modifikatorlar mineral, üzvi və üzvi-mineral olmaqla sement sistemlərinin quruluş əmələgətirməsində xüsusi rol oynayır. Kristallokimyəvi quruluşuna görə sement klinkerinin minerallarına yaxın olan mikro və nanohissəciklərin tətbiqi yüksək sıxlıqlı sement matrisası almağa imkan verir. Bu hissəciklər klinker minerallarının hidratasiya prosesini tənzimləyərək sement sistemlərində aşağı əsaslı kalsium hidrosilikatlardan ibarət stabil, yüksək möhkəmlikli sıx quruluşdaşın formalaşmasını təmin edir [5,6]. Məlumdur ki, ən geniş yayılmış səmərəli mineral-aktiv əlavə (MAƏ) SiO_2 əsaslı amorf mikrosilika ($d=50\div 150$ mkm) və nanohissəciklərdir ($d=5\div 10$ nm). Lakin onları sement kompozisiyasına verdikdə su tələbatını artırır. Bu problem ənənəvi olaraq sement xəmirinin reoloji xassələrini saxlamaqla su tələbatını 30-40% azaltmağa imkan verən hiperplastikləşdiricilərin əlavə edilməsi ilə həll edilir [7, 8].

Müasir təsəvvürlərə görə superplastikləşdiricilərin sementin hidratasiya və bərkimə proseslərinə təsiri özündə kompleks fiziki-kimyəvi prosesləri birləşdirir. Müəyyən olunmuşdur ki, [7] polikarboksilatların istifadəsi zamanı plastikləşdirici effekt üzvi maddə molekullarının sement hissəcikləri üzərinə adsorbsiya olunması nəticəsində yaranmış elektrostatik-sterik mexanizmi ilə bağlıdır. Polikarboksilat molekulları Ca^{2+} ionu ilə metastabil kompleks birləşmə əmələ gətirərək aşağı əsaslı kalsium-hidrosilikat fazalarının alınmasını təmin edir [8]. Polikarboksilat molekullarının C_3A ilə qarşılıqlı təsiri zamanı stabil üzvi-mineral fazaların əmələ gəlməsi ilə formalaşan hidrat birləşmələrinin yeni strukturu yaranır.

Sement daşının modifikasiyası üçün ən səmərəli kompleks modifikator SiO_2 nanohissəcikləri və hiperplastifikator əsasında alınan üzvi-mineral əlavədir. Silikat tərkibli nanohissəciklərin beton istehsalında geniş tətbiq olunmaması SiO_2 əsaslı nanotozların sintezinin və onların sement sistemlərinə verilmə üsullarının çətinliyi ilə bağlıdır. SPMzol-gel üsulu ilə alınır, eyni zamanda sement sistemlərinin bərkiməsində su ilə qarışdırılaraq istifadə olunur. Bu zaman kompleks əlavəyə sintez prosesində daxil edilən hiperplastikləşdirici iki funksiyaları yerinə yetirir: silisiumun kolloid aqreqatlarının böyüməsini stabilləşdirir, kompleks əlavənin bərabər yayılmasının texnoloji problemini həll edir və sement sistemlərinin hazırlanması zamanı reoloji xassələri tənzimləyir.

Müəyyən edilmişdir ki, su-sement sisteminə nanomodifikasiya edici əlavələrin daxil edilməsi sementin hidratasiyasını bir neçə dəfə artırır [9,10]. Qeyd etmək lazımdır ki, modifikator əlavə edilmiş sement sistemlərində otaq temperaturunda bir günlük bərkimə müddətində hidratasiya dərəcəsi 75%-ə çatır. Lakin nanohissəciklərin sement sistemlərinə verilməsi üçün müxtəlif funksiyalı daşıyıcıların müəyyənləşdirilməsi ilə səmərəli nanomodifikasiya olunma şərtlərinin öyrənilməsi çox aktualdır. SiO_2 nanohissəciklərinin sement sistemlərinə səmərəli verilməsi üçün müvafiq kompleks modifikasiya edici əlavələrin alınması üsulunun müəyyənləşdirilməsi və onların bərkimənin başlanğıc mərhələsində sement xəmirinin reoloji xassələrinə, tutma müddətinə və sement daşının quruluşunun formalaşmasına təsiri hazırkı tədqiqat işinin əsas istiqamətini təşkil edir.

Materiallar və tədqiqat üsulları. Tədqiqatlar zamanı nümunələr sabit $S_u/S_{em}=0,28$ olan sement xəmirindən hazırlanmışdır. Sement daşı nümunələrinin hazırlanması üçün NORM sement zavodundan gətirilmiş AZS EN 197-1 standartının tələblərinə uyğun CEM I 52,5 portlandsementi tətbiq edilmişdir. Təcrübələrdə əlavəsiz sement daşı və KNM ilə modifikasiya olunmuş tərkiblər tədqiq edilmişdir. Nanomodifikator kimi MisterFix şirkətindən gətirilmiş, polikarboksilat efirləri əsasında Betonmix 1211-A markalı hiperplastikləşdirici və silikat modulu 2 olan maye şüşə əsasında sintez olunmuş KNM tətbiq edilmişdir. Betonmix 1211-A rəngi açıq-sarı, sıxlığı 1,1 kq/l, pH=5 olan maye halında məhsuldur. SiO_2 nanohissəcikləri KNM polikarboksilat məhlulunu maye şüşə ilə titrləməklə alınır. Fasiləsiz qarışdırmaqla hiperplastikləşdiricinin məhlulu maye şüşə ilə neytrallaşdırılan zaman SiO_2 -nin kolloid aqreqatları yaranır və onlar karboksilat molekulları ilə stabilləşdirilir.

Hiperplastikləşdiricinin təsiri ilə SiO_2 hissəciklərinin böyüməsinin qarşısı alınır və sistem stabilləşir. Bu zaman hissəciklərin ölçüləri 30-40 nm-dən çox olmur. Sintez olunmuş kolloid aqreqatların ölçüləri və miqdarı fiziki-kimyəvi üsullarla təyin edilmişdir: (lazer difraksiyası və elektron mikroskopiyası - Transmission Electron Microscope H – 9500 c 75kV).

Təcrübələrdə sement sistemlərinin aşağıdakı xarakteristikaları təyin edilmişdir:

- Sement xəmirinin reoloji xarakteristikası onun özlülük göstəricilərinə görə rotasion viskozimetrində təyin edilmişdir.
- Sement xəmirinin bərkimə kinetikası M.V.Lomonosov adına MDU konus formalı plastiklik ölçənində plastiki möhkəmliyin ölçülmə nəticələrinə görə təyin edilmişdir.
- SPM sement daşının möhkəmliyinə təsiri normal şəraitdə bərkimiş 2x2x2 sm ölçülü nümunələrin 1, 3, 28 gündən sonra sıxılmada möhkəmlik həddinin təyini zamanı alınmış nəticələrə görə qiymətləndirilmişdir.

Müzakirələr. Kompleks nanomodifikatorun sementin sistemlərinə təsir mexanizminin modeli şəkil 1-də verilmişdir.



Şəkil 1. Kompleks nanomodifikatorun sement sistemlərinə təsir modeli:

1-hidratasiya olunmamış sement hissəciyi, 2-hiperplastifikator molekulları, 3- hidratasiya məhsullarının iri kristalları, 4-hidratasiya məhsulları, 5-nanohissəcik

Modeldən görüldüyü kimi, nanohissəciklər sement hissəcikləri arasındakı boşluqları doldurur. Hiperplastifikator molekulları isə sement hissəcikləri üzərində adsorbsion təbəqə yaradaraq hidratasiya prosesini nizamlayır. Eyni Su/Sem nisbətində KNM bütün variantlarda tətbiqi sement xəmirinin özlülüyünü modifikasiya olunmamış etalon sistemlə müqayisədə 1,65-2,05 dəfə azaltmağa, eyni zamanda sement daşının 28 günlük möhkəmliyini 1,5-1,7 dəfə artırmağa imkan verir (cədvəl 1).

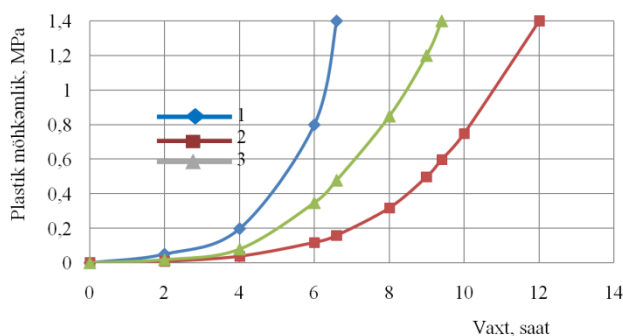
Sement xəmirinin özlülüyünün ən çox azalması modifikatorun sementin kütləsinin 1,2%-i miqdarında istifadəsi zamanı qeyd olunur. Bu da sistemdə superplastikləşdiricinin miqdarının çox olması ilə əsaslandırılır. 2-ci, 3-cü və 4-cü tərkiblərdə SiO₂ hissəciklərinin miqdarı kütlə üzrə sementin 0,073%, 0,082% və 0,10%-ni təşkil edir. Nanohissəciyin bu miqdarda dəyişməsi sement xəmirinin özlülüyünə kəskin təsir etmir. Sement xəmirinin özlülüyünün kəskin azalması hiperplastifikatorun təsiri ilə baş verir. Alınmış nəticələr əsasında belə qərara gəlmək olar ki, verilmiş əlavənin istifadəsi sement xəmirinin reoloji xarakteristikasını tənziqləməyə imkan verir və onların yüksək axıcılığa malik beton qarışıqlarının alınmasında tətbiqinə şərait yaradır.

Cədvəl 1. Sement sistemlərinin reoloji və möhkəmlik xarakteristikası

№	Əlavənin miqdarı	Sement xəmirinin özlülüyü, SPZ	Sement daşının möhkəmliyi, MPa		
			1 gün	3 gün	28 gün
1	Etalon (əlavəsiz)	8,25	7,2	21,8	49,6
2	0,8% KNM əlavəli	5,01	28,9	37,8	74,3
3	1,0% KNM əlavəli	4,64	30,8	43,9	84,8
4	1,2% KNM əlavəli	4,03	29,7	39,5	79,6

Müəyyən edilmişdir ki, sintez olunmuş KNM bütün variantlarda istifadə olunan miqdarlarının daxil edilməsi zamanı sement sistemlərinin plastik möhkəmliyinin P_m kinetik əyrisinin xarakteri

dəyişir (şəkil 2). Bu zaman tutma kinetikasının qanunauyğunluğu əhəmiyyətli şəkildə KNM miqdarı ilə təyin olunur. Sementin kütləsinin 0,8% və 1,0%-i miqdarında KNM qatılmış sistemlərdə su ilə qarışdırıldıqdan sonra 4 və 6saat keçdikdə plastik möhkəmliyin kəskin artma effekti qeyd edilir.

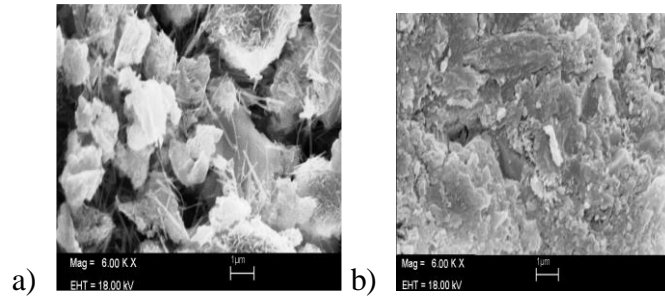


Şəkil 2. Əlavənin sement xəmirinin plastik möhkəmliyinə təsiri:
1-əlavəsiz, 2- 1,0% KNM, 3- 0,8% KNM

Əlavəsiz sement nümunələrində tutma müddətinin başlanğıcına uyğun gələn $P_m = 0,02$ MPa qiyməti suyun sementə qarışdırılmasından 160 dəqiqə sonra, yəni tutmanın başlanğıcının standart müddətindən sonra əldə edilir. KNM sementin kütləsinin 0,8-1,0%-i miqdarında istifadəsi zamanı plastik möhkəmliyin 0,02 MPa qiyməti isə suyun sementə qarışdırılmasından 4-5 saat sonra əldə edilir. Tutma müddətinin sonuna uyğun gələn plastik möhkəmliyin 0,08 MPa qiyməti əlavəsiz nümunələrdə 6 saat, 0,8-1,0% KNM əlavə etdikdə isə 8-10 saat sonra əldə edilir. Beləliklə, KNM əlavə edilməsi sement xəmirinin tutma dövrünün müddətini artırmağa imkan verir. Nəticədə modifikasiya olunmuş sement sistemlərinin reoloji xarakteristikalarının stabilliyi modifikasiya olunmamış sistemlərlə müqayisədə daha çoxdur.

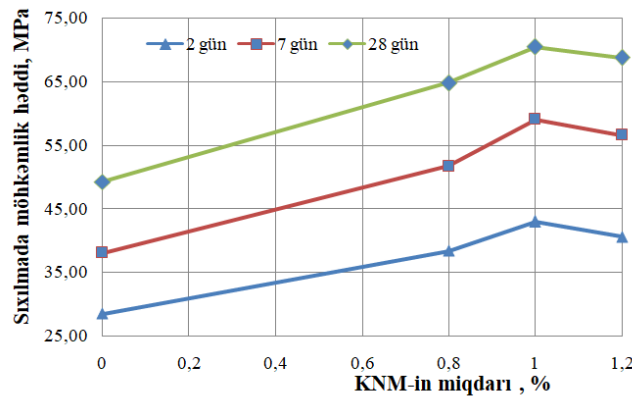
KNM istifadəsi zamanı sement daşının möhkəmliyinin artması sübut olunmuşdur. İlk növbədə möhkəmliyin yığılmasının sürətləndiyi müəyyən edilmişdir (cədvəl 1): kompleks əlavənin bütün istifadə olunan miqdarlarda tətbiqi üç gündə sement daşının 28 gündə yığıdığı möhkəmliyin 50-70%-ni yığmasını təmin edir. Nanomodifikasiya olunmuş sistemlərdə bir günlük bərkimədə 28,9-30,8 MPa-dək, üç günlük bərkimədə 37,8-43,9 MPa-dək möhkəmliyin artması təmin edilir. Etalon kimi götürülmüş əlavəsiz sistemlərdə möhkəmliyin qiyməti bir gündə 7,2 MPa və 3 gündə 21,8 MPa təşkil edir. Eyni zamanda etalon əlavəsiz sistemlərin 49,6 MPa möhkəmliyinin əksinə olaraq möhkəmlik həddinin qiymətinin 74,3-84,8 MPa-dək artması qeyd olunur. Ən yüksək möhkəmlik göstəriciləri əlavənin miqdarının sementin kütləsinin 1,0%-i miqdarında istifadəsi zamanı qeyd olunur. Belə fərq sement daşının yeni birləşmələrinin dispers və morfoloji tərkibinə əlavənin modifikasiyaedici təsiri ilə izah edilir. Məhz elə buda modifikasiya olunmuş strukturun dağılmaya daha yüksək müqavimətini müəyyən edir.

Elektron mikroskopunda 1000 dəfə böyüdülmüş nümunələrdə yeni yaranmış birləşmələrin arasında mikro məsamələr müşahidə olunur. Yeni yaranan birləşmələrdə əsasən yüksək əsaslı hidrosilikatların iri kristalları (ölçüləri 10-15 mkm təşkil edir) və portlanditin iynəvari və lövhəvə kristalları müşahidə olunur (şəkil 3a). Hidrosilikat heli ətrafında çökmüş portlandit bütün sement fazası üzərində bərabər paylanır. KNM əlavə edilmiş sement daşının quruluşu əsasən aşağı əsaslı hidrosilikatlardan (ölçüləri 10-15 mkm təşkil edir) təşkil olunub, portlanditin iynəvari kristalları müşahidə olunmur (şəkil 3.b).



Şəkil 3. 1000 dəfə böyüdülmüş sement daşının mikroskop görüntüsü:
a - əlavəsiz sement daşı; b-1,0% KNM əlavə edilmiş sement daşı

KNM əlavəsinin xırdadənəli betonun xassələrinə təsirini öyrənmək üçün 1:3 nisbətində sement qum məhlulu hazırlanmışdır. Əlavənin miqdarı məhlulda sementin kütləsinin 0,8-1,0%-ni təşkil etmişdir. Kompleks nanotərkibli modifikatorun verilmiş nisbətdə qatılması zamanı nanohissəciklərin miqdarı uyğun olaraq 0,073-0,1% təşkil etmişdir. Təcrübənin nəticələri şəkil 4-də göstərilmişdir.



Şəkil 4. KNM nanomodifikatorunun xırdadənəli betonun sıxılmada möhkəmliyinə təsiri

Göründüyü kimi KNM nanomodifikatoru xırdadənəli betonun sıxılmada möhkəmlik həddini 49,25MPa-dan 70,49 MPa qədər qaldırır. Bərkimənin ilk dövrlərində əlavəsiz nümunələrə nisbətən nanomodifikatorlu nümunələrin möhkəmliyi 50-55%, 28 gündə isə 43% artır. Nəticələrdən göründüyü kimi nanomodifikator bərkimənin ilk dövrlərində möhkəmliyin daha tez yığılmasını təmin edir. Bu isə nanohissəciklərlə klinkerin hidratasiyası zamanı yaranan portlanditin qarşılıqlı təsiri nəticəsində baş verir. Nanomodifikator əlavə edilmiş nümunələr əlavəsiz nümunələrin marka möhkəmliyini 3 gündə yığır.

Nəticə. Sement xəmirinin reoloji xassələrinin və sement daşının strukturunun idarə olunması üçün xüsusi sintez olunmuş nanoölçülü hissəciklərin tətbiqinin səmərəliliyi sübut olunmuşdur. Təcrübə olaraq müəyyən edilmişdir ki, polikarboksilat efirləri əsasında yüksək səmərəli hiperplastikləşdiricilər və SiO₂ nanohissəcikləri əsasında sintez olunmuş kompleks nanomodifikatorun istifadəsi sement xəmirinin özlülüyünün xeyli azalmasını təmin edir. Eyni zamanda KNM optimal miqdarda istifadəsi modifikasiya olunmuş sement sistemlərinin reoloji xarakteristikalarının stabilliyini modifikasiya olunmamış sistemlərdən 2 dəfə çox təmin edir. Beləliklə, sementin kütləsinin 1,0%-i miqdarında kompleks nanomodifikasiyaedici əlavənin tətbiqi yüksək axıcılığa malik (axıcılığını 3 saatdan az olmayaraq stabil saxlayır) beton qarışıqlarının alınmasına şərait yaradır. Qeyd etmək lazımdır ki, başlanğıc dövrdə (3 gündə) betonun strukturunun formalaşması sürətlənir, bu da bütövlükdə bərkimə müddətinin qısalmasına gətirir və bərkimə sement daşının istilik emalına ehtiyac olmur. Bu monolit tikintilərin aparılması zamanı xüsusilə vacib

şərtidir. Belə ki, bu zaman beton qarışığının rahat yerləşdirilməsinin artırılması, onların uzaq məsafəyə daşınması, marka möhkəmliyinin yığılma müddətinin qısaldılması lazım gəlir.

Ədəbiyyat

1. Quvalov A.A. Kompleks modifikatorların istifadəsi ilə sement sistemlərinin xassələrinin tənzimlənməsi. Monoqrafiya, Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetin Elmi-metodik şurasında təsdiq edilmişdir 276s (pr. №1, 21.10.2019-cu il). 2019
2. Singh L.P., Agarwal S.K., Bhattacharyya S.K. Preparation of silica nanoparticles and its beneficial role in cementitious materials // *Nanomaterials, nanotechnology* . – Vol. 1, № 1. – P. 44–51. 2011
3. Guvalov A.A., Abbasova S.İ. The effect of complex modifiers on the properties of cement systems. *Chemical Problems*, no.1, pp. 26-33. 2020
4. Raki L., Beaudoin J., Alizadeh R., Makar J., Sato T. Cement and Concrete Nanoscience and Nanotechnology // *Materials*. – № 3. – P. 918–942. 2010
5. Гувалов А.А., Аббасова С.И., Кузнецова Т.В. Эффективность модификаторов в регулировании свойств бетонных смесей. *Научно-технический производственный журнал. «Строительные материалы»*, №7, стр. 49-51. Москва 2017
6. Koizumi K., Umemura Y., Tsuyuki N. Effects of chemical admixtures on the silicate structure of hydrated portland cement // *Proceedings of the 12th International Congress on the Chemistry of Cement*. – Montreal, P. 64–71, 2007
7. Гувалов А.А., Влияние полиарил сульфон сульфонатных супер пластификаторов на свойства цементных систем // *Информационный научнотехнический журнал «Технология бетонов»* №3-4, 2019г., стр. 24-27 Москва. 2019
8. Plank J., Bassioni G., Dai Z., Keller H., Sachsenhauser B., Zouaoui N. Neues zur wechselwirkung zwischen zementen und polycarboxylat-fliefimitteln // *Proceedings der 16 Internationalen Baustofftagung*. – Band 1. – P. 579–598. Weimar. 2006
9. Артамонова О.В., Сергуткина О.П., Останкова И.В., Шведова М.А. Синтез нанодисперсного модификатора на основе SiO₂ для цементных композитов // *Конденсированные среды и межфазные границы*. – Т. 16, № 1. С. 152–162. 2014
10. Chernyshev E.M., Artamonova O.V., Slavcheva G.S. Concepts and technology base nanomodification of structures of building composites. Part 3: effective nanomodification of systems and structures of cement hardening cement stone (criteria and conditions) // *Строительные материалы*. – № 10. С. 54–63. 2015

References

1. Quvalov A.A. Kompleks modifikatorların istifadəsi ilə sement sistemlərinin xassələrinin tənzimlənməsi. Monoqrafiya, Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetin Elmi-metodik şurasında təsdiq edilmişdir 276s (pr. №1, 21.10.2019-cu il). 2019
2. Singh L.P., Agarwal S.K., Bhattacharyya S.K. Preparation of silica nanoparticles and its beneficial role in cementitious materials // *Nanomaterials, nanotechnology* . – Vol. 1, № 1. – P. 44–51. 2011
3. Guvalov A.A., Abbasova S.İ. The effect of complex modifiers on the properties of cement systems. *Chemical Problems*, no.1, pp. 26-33. 2020
4. Raki L., Beaudoin J., Alizadeh R., Makar J., Sato T. Cement and Concrete Nanoscience and Nanotechnology // *Materials*. – № 3. – R. 918–942. 2010
5. Guvalov A.A., Abbasova S.I., Kuznecova T.V. Effektivnost' modifikatorov v regulirovanii svojstv betonnyh smesej. *Nauchno-tekhnicheskij proizvodstvennyj zhurnal. «Stroitel'nye materialy»*, №7, str. 49-51. Moskva. 2017
6. Koizumi K., Umemura Y., Tsuyuki N. Effects of chemical admixtures on the silicate structure of hydrated portland cement // *Proceedings of the 12th International Congress on the Chemistry of Cement*. – Montreal, R. 64–71. 2007

7. Guvalov A.A., Vliyanie poliaril sul'fon sul'fonatnyh super plastifikatorov na svojstva cementnyh sistem // Informacionnyj nauchnotekhnicheskij zhurnal «Tekhnologiya betonov» №3-4, 2019g., str.24-27, Moskva. 2019
8. Plank J., Bassioni G., Dai Z., Keller H., Sachsenhauser B., Zouaoui N. Neues zur wechselwirkung zwischen zementen und polycarboxylat-fliefimitteln // Proceedings der 16 Internationalen Baustofftagung.– Band 1. – R. 579–598. Weimar. 2006
9. Artamonova O.V., Sergutkina O.R., Ostankova I.V., SHvedova M.A. Sintez nanodispersnogo modifikatora na osnove SiO₂ dlya cementnyh kompozitov // Kondensirovannye sredy i mezhfaznye granicy.. – T. 16, № 1. – S. 152–162.2014
10. Chernyshev E.M., Artamonova O.V., Slavcheva G.S. Concepts and technology base nanomodification of structures of building composites. Part 3: effective nanomodification of systems and structures of cement hardening cement stone (criteria and conditions) // Stroitel'nyematerialy.– № 10.S. 54–63.2015

Redaksiyaya daxil olma/Received 25.11.2019

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 25.12.2019