

TƏSİSİÇİ:**AZƏRBAYCAN İNŞAAT VƏ MEMARLIQ ELMİ-TƏDQIQAT İNSTITUTU****Baş redaktor**

Abdı Qarayev *tex. üzrə f.d., dos.* Azərbaycan İnşaat və Memarlıq ETİ-nin direktoru

Redaktorun müavini

Nizami Yusifov *tex. üzrə f.d., dos.* Azərbaycan İnşaat və Memarlıq ETİ-nin direktor müavini

Məsul katib

Narçığək Şirinova *iqt. üzrə f.d., dos.* Azərbaycan İnşaat və Memarlıq ETİ-nin elmi katibi

Jurnalın redaksiya heyəti

Xanlar Seyfullayev *t.e.d., professor* Azərbaycan İnşaat və Memarlıq ETİ, şöbə müdiri

Nərgiz Abdullayeva *m.e.d., professor* Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin propektoru

Müxlis Hacıyev *t.e.d., professor* Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, kafedra müdiri

Nizami Nağıyev *m.e.d., professor* Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, kafedra müdiri

İlqar İsbətov *memarlıq üzrə f.d.* Dövlət Şəhərsalma və Arxitektura Komitəsinin sədr müavini

Yamən Eminov *tex. üzrə f.d., dos.* Azərbaycan İnşaat və Memarlıq ETİ, direktor müavini

Azad Əmrahov *tex. üzrə f.d.* S.Ə.Dadaşov adına ET və LK İnşaat Materialları İnstitutu

Fəxrəddin Həbibov *tex. üzrə f.d.* Azərbaycan İnşaat və Memarlıq ETİ-nin Elmi Şurasının üzvü

Eldar Nuriyev *iqt. üzrə f.d.* Azərbaycan İnşaat və Memarlıq ETİ, şöbə müdiri

İlham Poluxov *tex. üzrə f.d., dos.* FHN Tikintidə Təhlükəsizliyə Nəzarət Dövlət Agentliyi

Rövşən Rzayev *tex. üzrə f.d., dos.* Azərbaycan İnşaat və Memarlıq ETİ, şöbə müdiri

Aytən Səlimova *mem. üzrə f.d., dos.* Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti

Editor in chief

Abdı Garayev *PhD* Azerbaijan Scientific-Research Institute of Construction and Architecture, director

Deputy editor-in-chief

Nizami Yusifov *PhD* Azerbaijan S-R Institute of Construction and Architecture

Executive secretary

Narchichak Şirinova *PhD* Azerbaijan S-R Institute of Construction and Architecture

Editorial board of the journal

Khanlar Seyfullayev *doc.tech.s.* Azerbaijan S-R Institute of Construction and Architecture

Nərgiz Abdullayeva *doc.arch.* Azerbaijan University of Architecture and Construction

Müxlish Hacıyev *doc.tech.s.* Azerbaijan University of Architecture and Construction

Nizami Nağıyev *doc.arch.* Azerbaijan University of Architecture and Construction

İlqar İsbətov *PhD* State Committee for Urban Planning and Architecture

Yamən Eminov *PhD* Azerbaijan S-R Institute of Construction and Architecture

Azad Amrahov *PhD* S-R and PD Institute of Construction Materials named S.A.Dadashov

Fəxrəddin Həbibov *PhD* Member of the Scientific Council AzİMETİ

Eldar Nuriyev *PhD* Azerbaijan S-R Institute of Construction and Architecture

İlham Polukhov *PhD* State Agency for Control over Safety in Construction, MES

Rövşən Rzayev *PhD* Azerbaijan S-R Institute of Construction and Architecture

Aytən Səlimova *PhD* Azerbaijan University of Architecture and Construction

Hüquqi ünvanı : Az 0014, Bakı ş. M.Füzuli küç. 65

Jurnalın saytı: azim.az/az

E-mail: azimeti_elmikatib@mail.ru və azimeti@arxkom.gov.az

Əlaqə telefonları: (012) 596 37 60 və 596 18 90, daxili (205)

MÜNDƏRİCAT - СОДЕРЖАНИЕ - CONTENTS

<i>III Azərbaycan Milli Şəhərsalma Forumu (NUFA3).....</i>	<i>3</i>
Qarayev A.N., Eminov Y.M., Hüseynov B.M., Qarayev Ş.Ə. <i>Təbii əhəngdaşlarından hörülən çöxqatlı divar konstruksiyaları və onların layihələndirilməsinə dair tövsiyələr</i>	<i>5</i>
Rzayev R., Oxotnikov V., Əliyev V., İskəndərova A., Qarayeva N. Məmmədov M., Heydərov R., Təbrizli M. <i>Enerjiyə qənaətli ekoloji təmiz biodavamlı polistirolbeton qoruyucu divar konstruksiyalarının tədqiqi.....</i>	<i>16</i>
Camalov C.Ə., Həsənov Ş.H., Əhmədova A.H. <i>Qruntun (əsasın) möhkəmləndirilməsində istifadə edilən svayların bütövlük və yükləndirmə sınağının tədqiqi.....</i>	<i>25</i>
Габитов Ф.Г. <i>Подтверждение и развитие идей К.Терцаги в механике и физике структурно-неустойчивых глинистых грунтов.....</i>	<i>31</i>
Yusifov N.R., Hüseynov R.R., Yusifov Y.N. <i>Əyilən dəmir-beton elementlərin bazalt və şüşə lifli kompozit materiallarla gücləndirilməsinin sınaq nəticələrinin təhlili.....</i>	<i>39</i>
Салимова А.Т. <i>Актуальность сертификации жилищного фонда в контексте “Зеленого строительства” Азербайджана (экология, энергетика, урбанизация).....</i>	<i>47</i>
Махмудов Р.Р. <i>Урбанистическая трансформация Карабахского и Восточно-Зангезурского экономических районов и роль энергоэффективности как стратегического фактора устойчивого развития.....</i>	<i>57</i>
Nuriyev E.S., Seyidova N.Ş. <i>Qarabağ və Şərqi Zəngəzur üçün “Yaşıl inkişaf yol xəritəsi”</i>	<i>63</i>
<i>“Yaşıl şəbəkə elmi innovasiya platforması” layihəsi çərçivəsində Yaşıl innovativ biliklərin xəritələşdirilməsi: Problemlər və perspektivlər.....</i>	<i>68</i>

III Azərbaycan Milli Şəhərsalma Forumu (NUFA3)

(17-22 may 2026, Bakı və Xankəndi şəhərləri)

“İqlimədavamlı və sağlam şəhərlərə doğru: regional tərəfdaşlıqlar və innovativ həllər” mövzusunda keçirilən forumun təşkilatçıları Azərbaycan Respublikasının Dövlət Şəhərsalma və Arxitektura Komitəsi və BMT-nin Məskunlaşma Proqramı (UN-Habitat) olmuşdur.



Forum iki şəhərdə - Xankəndi və Bakıda keçirilib və forumda 1500-ə yaxın iştirakçı, o cümlədən 65 ölkədən 200-dən artıq nümayəndə iştirak etmişdir.

Forumun panel sessiyalarında dayanıqlı şəhərsalma, iqlim dəyişmələrinə uyğunlaşma, inklüziv inkişaf və şəhərlərin bərpası kimi aktual məsələlər müzakirə olunub. İştirakçılar mənzil təminatı, maliyyə və innovasiya mexanizmləri, ərazi planlaşdırılması, rəqəmsallaşma, mədəni irsin qorunması və sağlam şəhər mühitinin yaradılmasına dair məsələlər geniş müzakirə olunub.

Forumun təşkilinə və müzakirə mövzularına dair xarici və yerli jurnalistlər, mütəxəssislər öz fikirlərini müxtəlif informasiya mənbələrinə verdikləri müsahibələrdə müsbət qiymətləndirmişlər.

Azərbaycan İnşaat və Memarlıq Elmi-Tədqiqat İnstitutunun direktoru öz müsahibəsində məşhur “Chapma” şirkətinin rəhbərinin Şuşanı Avropa şəhərlərindən də ağıllı şəhər adlandırmasını qürurverici olduğunu qeyd etdi. Azərbaycan dövlətinin və onun başçısının qısa müddət ərzində əldə etdiyi nailiyyətlərlə xalqımızın nə qədər istedadlı və qurucu olduğunu bütün dünyaya sübut etdiyini fəxrle vurğuladı.



Forumun panel iclasları “İqlimə davamlı və sağlam şəhərlərə doğru: regional tərəfdaşlıqlar və innovativ həllər”, “Qarabağ üçün inklüziv, “yaşıl ”və dayanıqlı gələcəyin təşviqi, ”“Sosial-iqtisadi artım, ərazi bərabərliyi və ekoloji davamlılıq üçün şəhər-kənd əlaqələri”, “Ədalətli şəhər gələcəyinin mərkəzində mənzil əlçatanlığı”, “Mobillik, data və məkan planlaşdırmasının qarşılıqlı əlaqəsi: İnnovativ şəhər həlləri”, “Dizayn vasitəsilə daha sağlam şəhərlər: Şəhər məkanlarının insanların rifahı üçün yenidən qurulması” və “Hamı üçün şəhər əlçatanlığının və inklüzivliyin təmin edilməsi” kimi aktual məsələlərə həsr olunub.

Azərbaycanın işğaldan azad olunmuş şəhər və kəndlərində aparılan tikinti işlərinə və tarixi abidələrin bərpasına, yəni, Qarabağ və Şərqi Zəngəzur iqtisadi rayonlarında həyata keçirilən genişmiqyaslı bərpa və yenidənqurma layihələri “Building Back Better” (“Daha yaxşı bərpa”) prinsiplərinə əsaslanaraq təhlükəsiz, dayanıqlı və yaşayış üçün əlverişli şəhər mühitinin formalaşdırılmasına dair təcrübə mübadiləsi aparılıb.

Azərbaycan Gənclər Təşkilatları Milli Şurası (NAYORA) ilə birgə “Gələcək Şəhərlərimiz üçün Gənclərin Birliyi” mövzusunda keçirilən tədbirdə dayanıqlı şəhərlərin gələcəyi, innovativ yanaşmalar və gənclərin bu proseslərdə roluna dair fikir mübadiləsi aparılıb.

Forumun sessiyalarından biri də 2026-cı ildə “Hər kəs üçün yaşayış yerləri: təhlükəsiz və dayanıqlı şəhərlər və yaşayış məskənləri” devizi altında Bakıda keçiriləcək 13-cü Ümumdünya Şəhərsalma Forumunun (WUF13) əsas konsepsiyasına həsr olunub.

Xankəndidə və Bakıda keçirilən forumun sessiyalarında Azərbaycan İnşaat və Memarlıq Elmi-Tədqiqat İnstitutunun əməkdaşları fəal iştirak etmişlər.



İNŞAAT KONSTRUKSİYALARI, BİNA VƏ QURĞULAR

UOT 624.01;624.16

DOI.org/https://doi.org/10.30546/3106-4817.2025.03.201

TƏBİİ ƏHƏNGDAŞLARINDAN HÖRÜLƏN ÇOXQATLI DİVAR KONSTRUKSİYALARI VƏ ONLARIN LAYİHƏLƏNDİRİLMƏSİNƏ DAİR TÖVSIYƏLƏR

*tex. üzrə f.d. Abdi Qarayev¹, tex. üzrə f.d. Yamən Eminov², Bəxtiyar Hüseynov³, Şahin Qarayev⁴*¹ ORCID ID: 0009-0001-6637-393X; ² ORCID ID-0009-0004-2394-3949;³ ORCID ID-0009-0004-1644-0198 ; ⁴ ORCID ID-0009-0006-6427-1258*Azərbaycan İnşaat və Memarlıq Elmi-Tədqiqat İnstitutu*

Xülasə: Məqalədə yerli əhəngdaşı materiallarından hörülmüş çoxqatlı divar nümunələrinin yükdaşıma qabiliyyətinin müəyyən edilməsi, onların seysmik rayonlarda daş və karkas binalarında tətbiq olunması üçün aparılmış elmi-tədqiqat işlərinin nəticələri öz əksini tapmışdır.

Divar nümunələrinin yükdaşıma qabiliyyətinin və dayanıqlılığının sınaq nəticələri, onların nəzəri qiymətləri ilə müqayisəli təhlil edilmişdir. Divarların yükdaşıma qabiliyyətinin təyin olunma metodikası dəqiqləşdirilmişdir. Alınmış nəticələr əsasında daş binaların mərtəbəliliyindən, karkas binanın yükdaşıyan konstruksiyalarının addımından və hündürlüyündən asılı olaraq divarların tətbiq olunması mümkünlüyü öyrənilmişdir.

Alınmış nəticələr, aparılmış təhlil və bu sahədə dünya təcrübəsi nəzərə alınaraq təbii əhəngdaşlarından hörülən çoxqatlı xarici divarların layihələndirilməsinə dair tövsiyələr işlənmişdir.

Açar sözlər: çoxqatlı divar, hörgü, daxili qat, xarici qat, əhəngdaşları, hörgü məhlulu, yükdaşıyan divarlar, yükdaşımayan divarlar, mərkəzi sıxılma, mərkəzdən xaric sıxılma, üfüqi təsir, möhkəmlik, dayanıqlılıq, istilik izolyasiya qatı, tövsiyələr.

1. Giriş

Azərbaycan Respublikasında çox qatlı divarların hesablanması və layihələndirilməsi AzDTN 2.17-1 "Daş və armaturlanmış daş konstruksiyalar. Layihələndirmə normaları"na uyğun aparılır [1,7]. Seysmik təsirlərin nəzərə alınmaması və çoxqatlı divarların konstruktiv həllərinin kifayət qədər geniş verilməməsi layihələndirmədə bu sənədin istifadəsində müəyyən çətinliklər yaradır.

Rusya Federasiyasında çoxqatlı divarların hesablanması və layihələndirilməsi üçün [10] nomativ sənədi qüvvəyə mindirilmişdir. Onu qeyd etmək lazımdır ki, [10] qaydalar toplusunun tələbləri çox qatlı divarların zəlzələ zonalarında tətbiq olunmasına yol vermir. Rusya Federasiyasında daha çox çoxqatlı divarların iqlim-temperatur təsirlərə [18,19] qarşı təsirinin öyrənilməsinə baxmayaraq, seymik yük təsirinə çoxqatlı divarların dayanıqlılığının öyrənilməsi sahəsində kifayət qədər elmi-tədqiqat işləri aparılmamışdır.

Çoxqatlı divarların seysmik rayonlarda tətbiq olunması təcrübəsi Qərbi Avropa ölkələrində, Avstraliyada, Yeni Zelandiya və digər ölkələrdə geniş yayılmışdır. Bu ölkələrdə seysmik təsirlər nəzərə alınmaqla çoxqatlı divarların çoxlu sayda sınaqları [12,13,14,15,16,17] aparılmış və divarların zəlzələlərdə özlərini aparma tərzləri öyrənilmişdir.

Seysmik yük təsirlərinə aparılmış sınaqlarının nəticələrinin təhlili göstərir ki, çoxqatlı divarların dayanıqlılığı xarici və daxili qatların birgə işindən, hörgüdə istifadə edilən daş və məhlulun fiziki-mexaniki xassələrindən, polad rabitə millərinin karroziyaya davamlılığından, temperatur defomasiyalarından və s. aslıdır.

Onu qeyd etmək lazımdır ki, istər Avropa ölkələrində, istərsə də Rusiya Federasiyasında elmi-tədqiqat işləri daha çox kərpic daşlarla hörülən çoxqatlı divar nümunələrinin sınaqları əsasında aparılmışdır. Azərbaycan Respublikası üçün ənənəvi olan mişarlanmış əhəngdaşlarından hörülmüş divarların tədqiq olunması demək olar ki, yox dərəcəsindədir. Bu divar konstruksiyalarının mərkəzi, mərkəzdən xaric sıxılmaya və seysmik təsirlərə qarşı işinin kifayət qədər öyrənilməməsi bu divarların zəlzələ rayonlarında layihələndirilməsində bir sıra çətinliklər yaradır.

Azərbaycan Respublikası tam olaraq seysmik ərazidə yerləşdiyindən çoxqatlı divar konstruksiyalarının dayanıqlılığının təmin edilməsi, etibarlılığının və səmərəliliyinin artırılması böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Yuxarıda qeyd olunanlar nəzərə alınaraq Respublikamızda tikintidə istifadə olunan yerli və ənənəvi materiallardan - mişarlanmış “kubik” əhəngdaşlardan hörülmüş divar nümunələrinin şaquli və üfüqi yüklərin təsirinə qarşı işinin öyrənilməsi və onların daş və karkas binalarda tətbiq olunması üçün tövsiyyələrin işlənilməsi qarşıya məqsəd qoyulmuşdur.

2. Çoxqatlı divar nümunələrinin sınaq və nəzəri nəticələrinin müqayisəli təhlili.

Çoxqatlı divar nümunələrinin sınaq nəticələri [11] məqaləsində öz əksini tapmışdır. Divar nümunələrinin sınaqlar yolu ilə alınmış möhkəmlik göstəricilərinin, onların nəzəri qiymətləri ilə müqayisəli təhlilinin aparılması üçün divar hörgüsünün möhkəmliyinin dəyişkənliyi ($C = 0,15$) əmsalı nəzərə alınaraq şərti normativ müqaviməti aşağıdakı düsturla müəyyən edilmişdir:

$$R_n = R_u(1-2C) = 0,7R_u \quad (1)$$

burada: R_u - hörgü nümunələrinin sınaqlar yolu ilə alınmış müvəqqəti müqavimətidir;

R_n - hörgü nümunələrinin normativ müqavimətidir.

Hörgü nümunələrinin hesablama müqaviməti (R) AzDTN 2.17-1- uyğun olaraq normativ müqavimətin (R_u) etibarlılıq əmsalına bölünməsi yolu ilə aşağıdakı düsturla müəyyən edilmişdir.

$$R = 0,5R_u \quad (2)$$

Sərt və çevik rəbitəli nümunələrin mərkəzi və mərkəzdən xaric sıxılmada yükdaşıma qabiliyyətinin nəzəri qiyməti AzDTN 2.17-1 normativ sənədinə uyğun olaraq təyin edilmişdir.

$$N \leq m_g \cdot \varphi \cdot R \cdot A_c \quad (3)$$

$$N \leq m_g \cdot \varphi_1 \cdot R \cdot A_c \cdot w \quad (4)$$

Sərt və çevik rəbitəli sınaq nümunələrinin mərkəzi və mərkəzdən xaric sıxılmada möhkəmlik göstəricilərinin qiymətləri Cədvəl 1 və 2-də verilmişdir.

Cədvəl 1 və 2-dən görünür ki, sərt və çevik rəbitəli çoxqatlı divar nümunələrinin yükdaşıma qabiliyyəti nəzəri qiymətlərlə alınmış yükdaşıma qabiliyyətindən böyükdür. Sərt və çevik rəbitəli nümunələrin mərkəzi sıxılmada faktiki hesablama müqaviməti onların nəzəri qiymətindən uyğun olaraq 1,2 və 1,35 dəfə böyükdür. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, sərt rəbitəli nümunələrin faktiki hesablama müqaviməti onun nəzəri qiymətindən böyük olmasına baxmayaraq, sərt rəbitələrin sıradan çıxması dağıdıcı yükün $0,6-0,72R_u$ qiymətində baş vermişdir. Yükün bu qiymətindən sonra divarın xarici və daxili qatları bir-birindən ayrıca olaraq işləmişdir. Bu da divarın dayanıqlılığının itirilməsi kimi qəbul olunmalıdır. Sərt rəbitələrin yükün $0,6-0,72R_u$ qiymətində sıradan çıxması nümunələrin mərkəzdən xaric (eksentristetin $e_0 = 6$ sm və $e_0 = 10$ sm qiymətlərində) sıxılmasında da özünü göstərmişdir.

Sərt rəbitəli sınaq nümunələrindən fərqli olaraq, çevik rəbitəli nümunələr daha böyük yükdaşıma qabiliyyətinə malikdir. Bu onunla əsaslandırılır ki, polad rəbitələr daş rəbitələrə nisbətə daha yaxşı işləyir. Çevik rəbitəli nümunələrdə hörgü daşının möhkəmliyindən istifadə əmsalı böyükdür. İstər mərkəzi, istərsə də mərkəzdən xaric sıxılmada faktiki hesablama müqaviməti, nəzəri qiymətdən 35% çox olmuşdur.

Aparılmış təhlil göstərir ki, sərt və çevik rəbitəli çoxqatlı divarların mərkəzi və mərkəzdən xaric sıxılmaya hesablanması metodlarında dəqiqləşdirilmə aparılmalıdır. Alınmış nəticələr əsasında sərt rəbitəli çoxqatlı divarların yükdaşıma qabiliyyətinin hesablanması (3) və (4) düsturlarında hesablama müqaviməti azaldıcı 0,7 etibarlılıq əmsalına vurulması tövsiyyə edilir. Çevik rəbitəli çoxqatlı divarların yükdaşıma qabiliyyətinin hesablanması isə, faktiki hesablama müqaviməti nəzəri qiymətdən 35% çox olmasına baxmayaraq etibarlılıq nöqtəyi - nəzərdən (3) və (4) düsturlarını olduğu kimi saxlanılması məqsəduyğundur.

Bir qatı mişarlanmış əhəngdaşlardan, digər qatı isə keramik daşlardan hörülən çevik çoxqatlı divar nümunələrin mərkəzi sıxılmada işi sınaqlar yolu ilə öyrənilmişdir. Aparılmış sınaqlar göstərir ki, yükün kiçik qiymətlərində dağılma prosesi keramik daşlar üzrə baş vermişdir [11]. Keramik

daşlardan hörülən qatda çatların yaranmasına və dağılma prosesinin getməsinə baxmayaraq mişarlanmış əhəngdaşlarından hörülmüş qatda bu hallar müşahidə edilməmişdir. Bu çoxqatlı divar nümunələrinin mərkəzi sıxılmada müvəqqəti müqaviməti və hesablama müqavimətlərinin qiymətləri (uyğun olaraq 14,6 kq/sm² və 7,3 kq/sm²) kiçik olduğundan mərkəzdən xaric və üfüqi yüklərin təsirinə sınaqlarının aparılması məqsədə uyğun sayılmamışdır.

Mərkəzi sıxılmada çoxqatlı divar nümunələrinin faktiki və nəzəri möhkəmlik göstəricilərinin müqayisəsi **Cədvəl 1.**

S/s	Nümunələr	m_g	φ	Hörgü nümunələrinin en kəsik sahəsi A, sm^2	Sınaq nümunələrinin hesablama müqaviməti		Sınaq nümunələrinin yükdaşıma qabiliyyəti		Faktiki və nəzəri qiymət-ərin nisbəti N_f / N_n
					Faktiki qiyməti $R_f, \text{kq/sm}^2$	Nəzəri qiyməti $R_n, \text{kq/sm}^2$	Faktiki qiyməti N_f, t	Nəzəri qiyməti N_n, t	
1.	Sərt rabitəli	1,0	1,0	3300	26,5 (15,9)	22,0	87,5 (52,5)	72,6	1,2 (0,72)
2.	Çevik rabitəli	1,0	1,0	3300	29,8	22,0	98,3	72,6	1,35

Qeyd: Mötərizədə göstərilən qiymətlər sərt rabitəli çoxqatlı divar nümunələrində rabitələrin sıradan çıxan anına uyğun gələn hesablama müqavimətidir.

Mərkəzdən xaric sıxılmada çoxqatlı divar nümunələrinin nəzəri və faktiki yükdaşıma qabiliyyətləri **Cədvəl 2.**

S. s	Nümunələr	Eksentristetin qiyməti $e_0 = 6 \text{ sm}$ olduqda								Yükdaşıma qabiliyyəti		N_f / N_n
		m_g	φ	φ_c	φ_1	A_c	w	R_n kq/sm^2	R_f kq/sm^2	Nəzəri N_n t	Faktiki N_f t	
1	Sərt rabitəli	1	1	0,95	0,98	2310	1	22,0	26,5 (15,9)	50,8	61,2 (36,7)	1,2 (0,72)
2	Çevik rabitəli	1	1	0,95	0,98	2310	1	22,0	29,8	50,8	68,8	1,35
Eksentristetin qiyməti $e_0 = 10 \text{ sm}$ olduqda												
1	Sərt rabitəli	1	1	0,88	0,94	1650	1	22,0	26,5 (15,9)	36,3	43,7 (26,2)	1,2 (0,72)
2	Çevik rabitəli	1	1	0,88	0,94	1650	1	22,0	29,8	36,3	49,2	1,35

Qeyd: Cədvəldə mötərizədə göstərilən qiymətlər sərt rabitəli çoxqatlı divar nümunələrində rabitələrin sıradan çıxan anına uyğun gələn yükdaşıma qabiliyyətidir.

Sərt və çevik rabitəli çoxqatlı divar nümunələrinin aparılmış sınaqları əsasında onların deformasiya xarakteristikaları AzDTN 2.17-1-ə uyğun olaraq müəyyən edilmiş nəzəri qiymətləri ilə müqayisə olunaraq qiymətləndirilmişdir.

Qısamüddətli yük təsirində sınaq nümunələrinin elastik başlanğıc modulu AzDTN 2.17-1-ə uyğun olaraq aşağıdakı asılılıqdan tapılmışdır:

$$E_0 = \alpha \cdot R \quad (5)$$

burada: α - hörgünün elastiki xarakteristikası olub AzDTN 2.17-1-nin cədvəl 15-dən müəyyən edilir. təbii əhəngdaşlarından ($\gamma = \sim 2000 \text{ kq/m}^3$) və sıxılmada möhkəmliyi 75 kq/sm² olan məhlul əsasında hörülmüş sərt və çevik rabitəli çoxqatlı divar nümunələri üçün $\alpha = 1500$;

R - sınaq nümunələrinin hesablama müqaviməti olub (2) asılılığı üzrə müəyyən edilir.

Divar nümunələrinin deformasiya modulu (E) AzDTN 2.17-1-ə uyğun olaraq aşağıdakı düsturla müəyyən edilmişdir:

$$E = 0,5 \cdot E_0 \quad (6)$$

Sınaq nümunələrinin sıxılmada nisbi deformasiyaların qiyməti təcrübə yolu ilə müəyyən edilmiş və AzDTN 2.17-1-ə uyğun olaraq aşağıdakı düsturla alınmış qiymətlərlə edilmişdir:

$$\varepsilon = \sigma/E_0 \quad (7)$$

burada: σ – nisbi deformasiya təyin edilən hala uyğun gələn gərginlikdir.

Aparılmış sınaqların nəticələri əsasında divar nümunələrinin müəyyən edilmiş başlanğıc elastik deformasiya modulu – E_0 , deformasiya modulu - E -nin qiymətləri cədvəl 3-də verilmişdir.

Çoxqatlı divar nümunələrinin elastik xarakteristikaları

Cədvəl 3.

s/s	Nümunələr	Elastiklik göstəricisi, α	Başlanğıc elastik deformasiya modulu, E_0 kqq/sm ²	Deformasiya modulu, E kqq/sm ²
1	2	3	4	5
1	Sərt rəbitəli təbii daşlarla	1500	39750	19875
2	Çevik rəbitəli təbii daşlarla	1500	44850	22425

Divar nümunələrinin mərkəzi sıxılmada nisbi deformasiyasının qiyməti üçün cihazlarla ölçülən boyuna deformasiyaların qiyməti baza uzunluğuna – 60 sm-ə bölünərək tapılmışdır. Nisbi deformasiyaların nəzəri qiymətləri (7) düsturuna uyğun olaraq müəyyən edilmişdir. Boyuna nisbi deformasiyaların qiyməti cədvəl 4-də verilmişdir.

Çoxqatlı divar nümunələrinin nisbi deformasiyaları

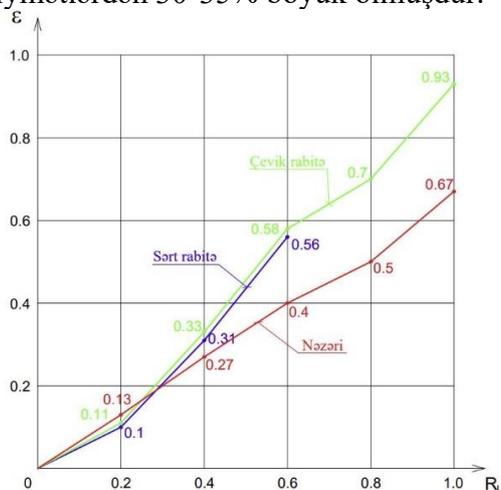
Cədvəl 4.

s/s	Nümunələr	Mərkəzi sıxılmada boyuna nisbi deformasiya, $\varepsilon 10^{-3}$				
		0,2 R	0,4 R	0,6 R	0,8 R	1,0 R
1	2	3	4	5	6	7
1	Sərt rəbitəli təbii daşlarla	0,10 (0,13)	0,31 (0,27)	0,56 (0,4)	- (0,5)	- (0,67)
2	Çevik rəbitəli təbii daşlarla	0,11 (0,13)	0,33 (0,27)	0,58 (0,4)	0,75 (0,53)	0,93

Qeyd: 1.Mötərizədə nisbi deformasiyanın nisbi qiymətləri göstərilmişdir.

2.“-” işarəsi sınaqlar zamanı sərt rəbitələrin sıradan çıxması səbəbindən boyuna deformasiyaların cihazlarla ölçülməsi mümkün olmadığını göstərir.

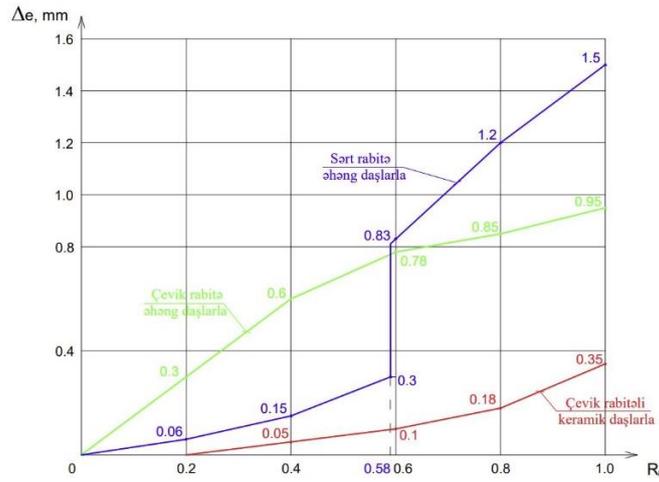
Sınaqlarla və nəzəri hesablamalarla təyin edilən nisbi deformasiyaların gərginlikdən asılı olaraq ayrılıqları Sxem 1-də verilmişdir. Sxem 1-də verilən diaqramlar göstərir ki, gərginliyin aşağı qiymətlərində sərt və çevik rəbitəli nümunələrin nisbi deformasiyalarının qiymətləri demək olar ki, eynilik təşkil edir. Yükün qiyməti artdıqca sınaq nümunələrinin nisbi deformasiyalarının faktiki qiymətləri daha çox artır. Sınaq zamanı çoxqatlı divar nümunələrinin hesablama müqaviməti onun nəzəri hesablanmış qiymətindən böyük olduğundan, nisbi deformasiyaların təcrübə yolla müəyyən edilmiş qiymətləri də nəzəri qiymətlərdən 30-35% böyük olmuşdur.



Sxem 1. Sərt və çevik rəbitəli mişarlanmış “kubik” əhəng daşları ilə hörülmiş divar nümunələri üçün $\varepsilon - R_u$ asılılıq diaqramı

Mərkəzi və mərkəzdən xaric sıxılmaya aparılan sınaqlar zamanı verilən hər yük mərhələsində çoxqatlı divar nümunələrinin qatlararası məsafənin (boşluğun eninin) böyüməsi müşahidə edilmişdir. Çevik rəbitəli çoxqatlı divar nümunələrinin qatlararası məsafəsi hər yük mərhələsinə uyğun olaraq tədrici artmışdır. Sınaq nümunələri dağılanadək çevik armatur rəbitələr sıradan çıxmamışdır. Bundan fərqli olaraq sərt rəbitəli çoxqatlı divar nümunələrinin qatlararası məsafəsi müvəqqəti müqavimətin $0,6R_u$ qiymətində kəskin sıçrayışla böyümüşdür. Qatlararası məsafənin kəskin sıçrayışla böyüməsi müvəqqəti müqavimətin $0,6R_u$ qiymətində sərtlik rəbitə daşlarında yaranan çatlar ilə bağlıdır. Sərtlik rəbitə daşlarında yaranan çatlar ilə sərt rəbitəli çoxqatlı divar nümunələrinin qatları arasında əlaqə və bununla bağlı onların birgə işi pozulmuşdur.

Mərkəzi sıxılmada çoxqatlı divar nümunələrinin qatlararası məsafənin (boşluğun eninin) böyüməsi ayrıləri Sxem 2-də verilmişdir.



Sxem 2. Çoxqatlı divar nümunələrinin qatlararası məsafəsinin gərginlikdən asılı böyümə diaqramı

3. Sərt və çevik rəbitəli çoxqatlı divar nümunələrinin üfüqi yükün təsirinə qarşı dayanıqlılığı

Hər birindən 2 ədəd olmaqla mişarlanmış əhəngdaşlarından hörülmüş sərt və çevik rəbitəli çoxqatlı divar nümunələrinin üfüqi yüklərin təsirinə qarşı sınaqları aparılmışdır. Üfüqi yük çoxqatlı divar nümunələrinin üst hörgü sırsına ötürülmüşdür. Sınağa başlanmadan əvvəl üst hörgü sırası, daşlarının birgə işləməsi üçün polad lövhə və dartqılarla köynəyə alınmışdır. Sınaqların aparılması üçün avadanlıq və cihazlar şəkil 1-də göstərilmişdir.



Şəkil 1. Üfüqi yükün təsirinə sınaqlar.

Sərt və çevik rəbitəli nümunələrdə ilk çatlar üfüqi yükün təsirində divarın mərkəzi sıxılmada hesablaşma müqavimətinin 7-8%-inə uyğun gələn üfüqü yükün təsirindən yaranmışdır.

Sərt rəbitəli nümunələrdə üfüqi yükün qiyməti artdıqca hörgü daşlarında maili çatlar yaranmış və inkişaf etməyə başlamışdır. Çatların yaranacağı mərhələdə açılma eni 0,05 – 0,8 mm olmuş və üfüqü yükün ($0,15-0,18R$ burada: R – divarın hesablaşma müqavimətidir) pik qiymətində 1,5 mm-ə qədər artmışdır. Sərt rəbitə daşlarında açılma eni 0,5 mm-ə çatan çatlar yaranmışdır.

Qeyd etmək lazımdır ki, yükün (0,15-0,18R) qiymətindən sonra sınaq nümunələri üfüqi təsirlərə qarşı müqavimət göstərə bilməmişdir. Belə ki, yükün verilməsinə baxmayaraq qüvvə artmamış, lakin yerdəyişmə deformasiyalarının qiyməti böyüməyə davam etmişdir. Sərt rabitəli nümunələr üfüqi yüklərin təsirinə qarşı dayanıqlılığını itirmişdir. Çatlar hörgü daşları üzrə getmişdir (şəkil 2).



Şəkil 2. Sərt rabitəli divar nümunələrində üfüqi yükün təsirindən yaranan zədə və çatlar

Sərt rabitəli nümunələrin üfüqi yükün təsirindən yerdəyişmə deformasiyaları cədvəl 5-də verilmişdir. Çevik rabitəli nümunələrdə də sərt rabitəli nümunələrdə olduğu kimi üfüqi yükün qiyməti artdıqca hörgü daşlarında maili çatlar yaranmış və inkişaf etməyə başlamışdır. Lakin sərt rabitəli nümunələrdə olduğundan fərqli olaraq çatlar hörgü daşları üzrə deyil, hörgü tikişləri üzrə getmişdir (şəkil 3).

Sərt rabitəli divar nümunələrin üfüqi yüküntəsirindən yerdəyişmə deformasiyaları **Cədvəl 5.**

s.s	Sərt rabitəli nümunələr	Üfüqi yükün qiyməti $F_{\bar{u}}$ (tonla)									
		3,1	6,2	9,3	12,4	15,5	18,6	21,7	24,8	27,9	31,0
1	2	3	4	5	6	7					
1	Nümunənin üst cərgələrində yerdəyişmə deformasiyaları, $\Delta_{\bar{u}}$ sm-lə	0,0	0,05	0,2	0,4	0,7	0,85	1,0	1,3	1,4	2,2
1	Nümunənin orta cərgələrində yerdəyişmə deformasiyaları, $\Delta_{\bar{u}}$ sm-lə	0,0	0,0	0,06	0,12	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1
2	Nümunənin aşağı cərgələrində yerdəyişmə deformasiyaları, $\Delta_{\bar{u}}$ sm-lə	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Qeyd: Cədvəldə yerdəyişmə deformasiyalarının qiyməti nümunənin aşağı cərgəsinin yerdəyişməsinə nəzərən müəyyən edilmişdir.



Şəkil 3. Çevik rabitəli divar nümunələrində üfüqi yükün təsirindən yaranan zədə və çatlar

Çevik rabitəli nümunələrin dayanıqlılığı sərt rabitəli nümunələrə nəzərən 20% aşağı olmuşdur. Bu üfüqi yüklərin təsirinə qarşı sərt rabitələrin çevik rabitələrə nəzərən daha yaxşı işləməsi ilə bağlıdır. Çevik rabitəli nümunələrin dayanıqlılığa qarşı müqaviməti üfüqi yükün (0,12-0,14R) pik qiymətində itmişdir. Çevik rabitəli divar nümunələrinin üfüqi yükün təsirindən yaranan yerdəyişmə deformasiyalarının qiymətləri isə cədvəl 6-da verilmişdir.

Çevik rabitəli nümunələrin üfüqi yükün təsirindən yerdəyişmə deformasiyaları Cədvəl 6.

	Sərt rabitəli nümunələr	Üfüqi yükün qiyməti $F_{\bar{u}}$ (tonla)							
		3,1	6,2	9,3	12,4	15,5	18,6	21,7	24,8
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Nümunənin üst cərgələrində yerdəyişmə deformasiyaları $\Delta_{\bar{u}}$ sm-lə	0,0	0,12	0,19	0,3	0,5	0,6	1,0	1,4
1	Nümunənin orta cərgələrində yerdəyişmə deformasiyaları $\Delta_{\bar{u}}$ sm-lə	0,0	0,02	0,08	0,16	0,3	0,4	0,6	0,33
2	Nümunənin aşağı cərgələrində yerdəyişmə deformasiyaları $\Delta_{\bar{u}}$ sm-lə	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Qeyd: Cədvəldə yerdəyişmə deformasiyalarının qiyməti nümunənin aşağı cərgəsinin yerdəyişməsinə nəzərən müəyyən edilmişdir.

4.Nəticələr

Çoxqatlı divarların mərkəzi, mərkəzdən xaric sıxılmaya və üfüqi yüklərin təsirinə qarşı aparılmış sınaqlarının göstəriciləri və onların nəzəri qiymətlərlə müqayisəli təhlili əsasında aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

- Mərkəzi və mərkəzdən xaric sıxılmada sərt rabitəli nümunələrin yükdaşıma qabiliyyəti çevik rabitəliyə nəzərən daha az olmuşdur. Sərt rabitəli nümunələrin yükdaşıma qabiliyyətinin az olması sərt daş rabitələrin vaxtından əvvəl sıradan çıxması ilə bağlıdır. Sərt rabitələrin sıradan çıxması dağıdıcı yükün $0,6-0,7R_u$ qiymətində baş vermişdir. Yükün bu qiymətindən sonra divarın xarici və daxili qatları bir-birindən ayrıca olaraq işləmişdir. Bu da divarın dayanıqlılığının itirməsi kimi qəbul olunmalıdır. Aparılmış təhlil göstərir ki, sərt rabitəli çoxqatlı divarların mərkəzi və mərkəzdən xaric sıxılmaya hesablanması metodlarında dəqiqləşdirilmə aparılmalıdır. Sərt rabitəli çoxqatlı divarların yükdaşıma qabiliyyətinin hesablanmasında (3) və (4) düsturlarında hesablama müqaviməti azaldıcı $0,7$ etibarlılıq əmsalına vurulması tövsiyə edilir;

- Çevik rabitəli nümunələrin mərkəzi sıxılmada faktiki hesablama müqaviməti onların nəzəri qiymətindən $1,35$ dəfə böyük alınmışdır. Bu onunla əsaslandırılır ki, polad rabitələr daş rabitələrə nisbətə daha yaxşı işləyir və bu nümunələrdə hörgü daşının möhkəmliyindən istifadə əmsalı böyükdür. Çevik rabitəli çoxqatlı divarların yükdaşıma qabiliyyətinin hesablanmasında, faktiki hesablama müqaviməti nəzəri qiymətdən 35% çox olmasına baxmayaraq etibarlılıq nöqtəyi - nəzərdən (3) və (4) düsturlarını olduğu kimi saxlanması məqsədə uyğundur;

- Bir qatı mişarlanmış əhəngdaşlardan, digər qatı isə keramik daşlardan hörülən çevik çoxqatlı divar nümunələri mərkəzi sıxılmada dağılma prosesi keramik daşlar üzrə baş vermişdir. Keramik daşlardan hörülən qatda çatların yaranmasına və dağılma prosesinin getməsinə baxmayaraq mişarlanmış əhəngdaşlarından hörülmüş qatın hesablama müqavimətinin $20-25\%$ -indən istifadə olunmuşdur. Divarın bir qatının hörgüsündə istifadə olunan keramik daşların sıxılmada möhkəmliyinin (20 kq/sm^2) o biri qatın hörgüsündə istifadə olunan əhəngdaşlarının möhkəmliyindən (110 kq/sm^2) həddindən çox kiçik olması nəticəsində bu hal yaranmışdır. Odur ki, çoxqatlı divarın daxili və xarici qatlarının hörgüsündə möhkəmlikləri kəskin fərqlənən hörgü daşlarının istifadəsi tövsiyə edilmir;

- Sərt və çevik rabitəli nümunələrin sınaqlarla və nəzəri hesablamalarla təyin edilən nisbi deformasiyaların gərginlikdən asılı olaraq ayrılması təhlili göstərir ki, gərginliyin aşağı qiymətlərində nümunələrin nisbi deformasiyalarının qiymətləri demək olar ki, eynilik təşkil edir. Yükün daha böyük qiymətlərində sınaq nümunələrinin nisbi deformasiyalarının faktiki qiymətləri nəzəri qiymətə nəzərən daha çox artmışdır. Çoxqatlı divar nümunələrinin sınaq yolu ilə alınmış hesablama müqaviməti onun nəzəri qiymətindən ($30-35\%$) böyük olduğundan, nisbi deformasiyaların faktiki və nəzəri qiymətləridə də uyğun fərqlər yaranmışdır;

- Mərkəzi və mərkəzdən xaric sıxılmaya aparılan sınaqlar zamanı verilən yükün $\sim 0,6R_u$ -dək qiymətlərində sərt və çevik rabitəli divar nümunələrinin qatlararası məsafənin (boşluğun eninin) tədrici böyüməsi müşahidə edilmişdir. Sərt rabitəli çoxqatlı divar nümunələrinin qatlararası məsafəsi müvəqqəti müqavimətin $\sim 0,6R_u$ qiymətində kəskin sıçrayışla böyümüşdür. Qatlararası

məsafənin kəskin sıçrayışla böyüməsi müvəqqəti müqavimətin $\sim 0,6R_u$ qiymətində sərtlik rabitə daşlarının sıradan çıxması ilə bağlıdır. Sərtlik rabitə daşlarının sıradan çıxması sərt rabitəli çoxqatlı divar nümunələrinin qatları arasında əlaqənin itməsinə səbəb olmuş və bunula bağlı divar qatlarının birgə işi pozulmuşdur. Sərt rabitəli nümunələrdən fərqli olaraq, çəvik rabitəli divar nümunələrinin qatlararası məsafəsinin tədrici böyüməsi nümunələri dağılma anına qədər hər yük mərhələsinə uyğun olaraq artmışdır. Sınaq nümunələri dağılanadək çəvik armatur rabitələr sıradan çıxmamışdır;

- Üfüqi yükün təsirinə qarşı aparılan sınaqlar göstərir ki, divarın hesablama müqavimətinin $(0,15-0,18R)$ qiymətinə uyğun gələn üfüqi yükün qiymətindən sonra sınaq nümunələri müqavimət göstərə bilməmiş və dayanıqlılığını itirmişdir. Sərt nümunələrdə çatlar hörgü daşları üzrə çəvik rabitəli nümunələrdə isə hörgü tikişləri üzrə getmişdir. Bu üfüqi yüklərin təsirinə qarşı sərt rabitələrin çəvik rabitələrə nəzərən daha yaxşı işləməsi ilə bağlıdır. Binaların yükdaşıyan divarları seysmik yükə hesablandıqda üfüqi yüklərin maksimal qiyməti, divarın mərkəzi sıxılmada hesablama müqavimətinin 15%-nə uyğun gələn yükün qiymətinə bərabər və ya ondan kiçik qəbul edilməsi tövsiyyə edilir;

- Üfüqi yükün təsirindən sərt və çəvik rabitəli divar nümunələrinin dayanıqlılığının itməsi anında maksimal üfüqi yerdəyişmə uyğun olaraq 1,4 və 2,2 sm təşkil etmişdir. Ona görə də seysmik rayonlarda daş binalar layihələndirilərkən divarın buraxıla bilən maksimum üfüqi yerdəyişməsi $\Delta \leq 1,2$ sm şərtindən qəbul edilməsi tövsiyyə olunur. Buraxıla bilən maksimum üfüqi yerdəyişmə böyük alındıqda divarın gücləndirilməsi tələb olunur.

5. Təbii əhəngdaşlarından hörülən çoxqatlı xarici divarların layihələndirilməsinə dair tövsiyələr.

Çoxqatlı divar konstruksiyaları təyinatına uyğun olaraq yükdaşıyan, özyükünü daşıyan və yükdaşımayan olmaqla üç yerə bölünür. Çoxqatlı yükdaşıyan və özyükünü daşıyan divarlar mərtəbəliliyi 3 (hündürlüyü 12 m-ə) və daha az olan daş, yükdaşımayan çoxqatlı divarlar isə mərtəbəliliyi 5 və daha az olan dəmir-beton karkas binaların layihələndirilməsində tətbiq edilməsi nəzərdə tutulmuşdur.

Binaların layihələndirilməsinə aid tövsiyələr Azərbaycan İnşaat və Memarlıq ETİ-də "Binaların çoxqatlı daş divarlarının tədqiqi və layihələndirilmədə tətbiqinə dair tövsiyələrin işlənilməsi" mövzusu üzrə aparılmış elmi-tədqiqat işlərinin nəticələrinin təhlili əsasında, beynəlxalq təcrübə və qüvvədə olan normativ sənədlərin tələbləri nəzərə alınmaqla işlənilmişdir.

Binaların çoxqatlı divarlarının ucaldılması onları toraqla təmasının olmaması, torpaqdan nəmin özünə çəkməməsi üçün kürsü səviyyəsindən başlanılması məqsədəuyğun sayılmışdır.

Çoxqatlı divarlar təhlükəsiz istismar tələblərinə cavab verməli və aşağıdakı tələbləri təmin etməlidir:

- [6]-ya uyğun olaraq istilik mühafizəsi və rütubətlik;
- [1,4,5]-ə uyğun olaraq seysmik, külək yükləri, temperatur-nəmlik təsirləri və karkasın qonşu yükdaşıyan elementlərinin müxtəlif deformasiyaları və/və ya qrunt əsasın qeyri-bərabər çökməsi zamanı möhkəmlik və dayanıqlılıq;

- divarların qatları arasında və divarları binanın yükdaşıyan konstruksiyalarına bərkidən rabitələrin möhkəmliyi və sərtliyi;

- [8]-ə uyğun olaraq yanğın təhlükəzisliyi;

- [1]-in konstruktiv tələbləri.

Çoxqatlı divarların hörgüsündə istifadə olunan materiallar

- Çoxqatlı daş divarların hörülməsində istifadə edilən əhəngdaşı, mərmərləşmiş əhəngdaşı süxurlarından mişarlanmış hörgü daşları və məhlullar qüvvədə olan standartlarının tələblərini uyğun seçilməlidir.

- Yükdaşıyan, öz yükünü daşıyan və yükdaşımayan çoxqatlı divarların hörgüsü üçün sıxılmada möhkəmliyi $50,0 \text{ kq/sm}^2$ -dən az olmayan əhəngdaşı, balıqqulaqlı əhəngdaşı süxurlarından mişarlanmış daşlar tətbiq olunmalıdır.

- Çoxqatlı divarlarında tətbiq olunan əhəngdaşı və mərmərlənmiş əhəngdaşı süxurlarından mişarlanmış üzlük daşlarının sıxılmada möhkəmliyi 100 kq/sm^2 -dan az olmamalıdır.

- Konstruksiyaların istismar müddətindən asılı olaraq divarların xarici qatlarında istifadə olunan daş materiallarının şaxtadayavamlılıq üzrə layihə markaları AzDTN 2.17-1 normativ sənədinin cədvəl 1-ində göstərilən qiymətlərə uyğun olmalıdır.

- Divar hörgüsündə istifadə olunan hörgü məhlulunun sıxılmada möhkəmliyi 75 kq/sm^2 -dan az və 100 kq/sm^2 -dan isə çox qəbul edilməməlidir. Hörgü kateqoriyaları üzrə suvağın daşla normal ilişənliyin qiymətləri AzDTN 2.3-1-in tələblərinə cavab verməlidir.

- Çoxqatlı divarların torlarla armaturlanmasında AzDTN 2.5-1-ə uyğun korroziyaya davamlı örtüyə malik A240 və B500 sinifli armaturlar, çevik rabitələr üçün isə paslanmaz polad millər tətbiq edilməlidir. Tək-tək duran polad rabitə millərinin diametri 5 mm-dən, torların millərinin diametri isə 3 mm-dən az olmayaraq qəbul edilməlidir.

Polad rabitə milləri kimi fiziki-mexaniki göstəriciləri yuxarıda qeyd edilən armatur millərinin xassələrinə uyğun olan austenit, AISI 304 və ya 316 sinifli paslanmayan polad millərin istifadəsinə yol verilir.

Çoxqatlı divarların mərkəzi, mərkəzdən xaric sıxılmaya və bağlanmış en kəsik üzrə dartılmaya hesablanması

- Sərt və çevik rabitəli çoxqatlı divarların xarici və daxili qatlarının sıxılmada (R) hesablama müqaviməti AzDTN 2.17-1-in cədvəl 5-inə uyğun olaraq qəbul edilməlidir.

- Hörgünün oxboyu dartılmaya (R_t), əyilmədə dartılmaya (R_{tb}), əyilmədə baş dartıcı gərginliklərə (R_{tw}) hesablama müqavimətləri, hörgünün üfüqi və şaquli tikişlər üzrə, həmçinin daş üzrə bağlanmış en kəsik hesablandıqda kəsilməyə hesablama müqaviməti (R_{sq}) AzDTN 2.17-1-in cədvəl 10 və 11-inə uyğun olaraq qəbul edilməlidir.

- Hörgünün elastiklik - E_0 və deformasiya modulu – E -nin qiymətləri AzDTN 2.17-1-in 5.20 və 5.22 bəndlərinə uyğun olaraq müəyyən edilir. Hörgünün sürüşmə modulu - G və sürtünmə əmsalı - μ_{mp} , AzDTN 2.17-1-in uyğun olaraq 5.22 bəndindən və cədvəl 17-sindən qəbul edilir.

- Hörgünün hər bir qatının uzunmüddətli yük altında deformasiyasının hesablanması üçün qiyməti aşağıdakı düsturdan müəyyən edilən E_l – uzunmüddətli deformasiya modulu tətbiq edilir:

$$E_l = E_0 / \eta_{sür} \quad (8)$$

burada: $\eta_{sür}$ – tam yükləndikdən sonra hörgü qatında inkişaf edən sürənəklilik deformasiyasının müəyyən edilməsi üçün əmsal olub, qiyməti aşağıdakı düstur ilə hesablanır:

$$\eta_{sür} = [3,51 - 1,6 \lg(\psi/t_1)] C \quad (9)$$

burada: t_1 – qatın hörülməsinin başa çatması anından olan müddətdir, günlə;

ψ - 1/gün -ə bərabər olan əmsal;

C – deformasiya xassələrini nəzərə alan əmsal olub, qiyməti üzlük əhəngdaşı və mərmərlənmiş əhəngdaşı materialları üçün uyğun olaraq 1,2 və 1,6 qəbul edilir.

divarlar sıxılmada və əzilmədə möhkəmliyə yoxlanılmalıdır. Aralıq divarın həm də maili kəsik üzrə γ - Çoxqatlı hörgünün xətti genişlənmə əmsalı α -nın qiyməti - $0,000008^\circ\text{C}^{-1}$ -ə bərabər qəbul edilməlidir.

- Yükdaşıyan arılmaya, şaquli kəsik üzrə kəsilməyə qarşı möhkəmliyə yoxlanılması yerinə yetirilməlidir. Bütün hallarda AzDTN 2.17-1-ə uyğun olaraq tavaların quraşdırılması, hörgünün üfüqi armaturlanması v s. üzrə konstruktiv göstərişlər yerinə yetirilməlidir.

- Sərt rabitəli çoxqatlı divarların mərkəzi sıxılmaya və mərkəzdən xaric sıxılmada yükdaşıma qabiliyyətinin hesablanması AzDTN 2.17-1-in (10) və (13) düsturlarına müvafiq aparılmalıdır.

- Çevrilmiş en kəsik hörgü qatının materialına gətirildikdə hörgü qatlarının faktiki qalınlığı olduğu kimi qəbul edilməli, qatların eni (divarın uzunluğu üzrə) isə onların möhkəmliyindən istifadə əmsalları – m , m_1 nəzərə alınmaqla AzDTN 2.17-1-in (24) düsturu ilə hesablanmalıdır.

- Divarın çevrilmiş en kəsiyinə gətirilən daxili qat materialı üçün φ , φ_1 boyuna əyilmə əmsalları və m_g əmsalı AzDTN 2.17-1-in 6.2 – 6.7 bəndləri üzrə müəyyən edilməlidir.

Üz qatın materialının daxili qatın materialına gətirilməsi AzDTN 2.17-1-in 6.23 – 6.25 bəndləri üzrə aparılır.

- Sərt rabitəli çoxqatlı divarların mərkəzi və mərkəzdən xaric sıxılmada yükdaşıma qabiliyyəti hesabladıqda AzDTN 2.17-1-in (10) və (13) düsturlarının sağ tərəfi mişarlanmış əhəngdaşlarından olan rabitələrin sıradan çıxmasını nəzərə alan $\gamma_s = 0,7$ əmsalına vurulmalıdır.

- Üz qatı üzlük daşlardan hörülən çevik rabitəli çoxqatlı divarların mərkəzi və mərkəzdən xaric sıxılmada yükdaşıma qabiliyyətinin hesablanması ancaq daxili qat üçün aparılmalıdır. Xarici qat yükdaşımayan qat kimi layihələndirilir. Mərkəzi və mərkəzdən xaric sıxılmada yükdaşımayan xarici qatın işi nəzərə alınmır.

- Divarın üz qatının üfüqi tikişlərinin çevrilmiş en kəsiyin oxuna nəzərən açılmasına hesablanması AzDTN 2.17-1-in 7.3 bəndi üzrə aparılmalıdır.

- İkiqatlı sərt rabitəli divarlarda yüklərin üzlük daş tərəfə eksentristeti 0,25y-dən böyük olmamalıdır. Divarın daxili kənarına istiqamətlənmiş eksentristetin $e_0 = y(1-m)/(1+m)$, lakin 0,1y dən az olmayan qiymətlərində AzDTN 2.17-1-in (10) və (13) düsturları üzrə hesablama, divarın əsas yükdaşıyan qatı üzrə birqat kəsik üçün aparılır. Bu hesablama elementin en kəsiyinin bütün sahəsi nəzərə alınır.

- Sıxılmaya hesablanması ilə yanaşı ikiqat sərt rabitəli divarlar, hörgünün üzlük və daxili qatları arasında şaquli müstəvisində aşağıdakı şərtə uyğun olaraq kəsilmədə möhkəmliyə yoxlanılmalıdır:

$$\tau < R_{sq}, \quad (10)$$

burada: τ – şaquli və temperatur-nəmlik deformasiyalarından yaranan və divarın üzlük və daxili qatları arasında şaquli müstəvidə təsir edən toxunan gərginliklər;

R_{sq} – hörgünün üfüqi bağlayıcı sırasının kəsilmədə hesablama müqaviməti olub, qiyməti AzDTN 2.17-1-in 6.20 bəndinə uyğun olaraq müəyyən edilir.

(10) şərti ödənilmədiyi halda üzlük qatında üfüqi deformasiya tikişlərinin qoyulması nəzərə alınmalıdır.

- Yükdaşıyan, özyükünü daşıyan və yükdaşımayan çoxqatlı divarların külək yükünə hesablanması AzDTN 2.17-1-ə, seysmik yüklərə hesablanması isə AzDTN 2.3-1-ə uyğun aparılmalıdır.

- Külək yükünün təsiri zamanı çoxqatlı divarlarda yaranan qüvvələr və gərginlik-deformasiya halı daxili və xarici qatların birgə işi nəzərə alınmaqla müəyyən edilməlidir.

- Binaların yükdaşıyan divarları seysmik yükə hesablandıqda üfüqi yüklərin maksimal qiyməti, divarın mərkəzi sıxılmada hesablama müqavimətinin 15%-nə uyğun gələn yükün qiymətinə bərabər və ya ondan kiçik qəbul edilməsi tövsiyə edilir.

- Daş binalar layihələndirilərkən seysmik təsirlər zamanı, yükdaşıyan divarın buraxıla bilən maksimum üfüqi yerdəyişməsi $\Delta \leq 1,2$ sm şərtindən qəbul edilməsi tövsiyə olunur. Buraxıla bilən maksimum üfüqi yerdəyişmə böyük alındıqda divarın gücləndirilməsi tələb olunur.

İstifadə olunmuş ədəbiyyat

1. AzDTN 2.17-1 “Daş və armaturlanmış daş konstruksiyalar. Layihələndirmə normaları”.
2. AzDTN 2.18-1 “Polad konstruksiyalar. Layihələndirmə normaları”.
3. AzDTN 2.16-1 “Beton və dəmir-beton konstruksiyalar. Layihələndirmə normaları”.
4. AzDTN 2.3-1 “Seysmik rayonlarda tikinti”.
5. AzDTN 2.1-1 “Yüklər və təsirlər. Layihələndirmə normaları”.
6. AzDTN 2.12-4 “Binaların istilik mühafizəsi. Layihələndirmə normaları”.
7. Təbii daşlardan üzlük qata malik yükdaşımayan xarici divarların layihələndirilməsinə və tətbiqinə dair tövsiyələr. (Dövlət Şəhərsalma və Arxitektura Komitəsinin Kollegiyasının 05.04. 2023-cü il tarixli 3-35/3-1-133/2023 №-li əmri ilə təsdiq edilmişdir).
8. MCH 2.02-01 -97 “Пожарная безопасность зданий и сооружений”.
9. СП 15.13330.2020 “Каменные и армокаменные конструкции” Москва 2021.
10. СП 327.1325800.2017 “Стены наружные с лицевым кирпичным слоем” Москва 2018.

11. A. Qarayev, Y. Eminov, B. Hüseynov, Ş. Qarayev. "Mərkəzi, mərkəzdən xaric sıxılmada və üfüqi yük təsirindən boşluqlu divar konstruksiyalarının işinin tədqiqi" Azərbaycanca İnşaat və Memarlıq jurnalı № 4, 2024-cü il, səh.2-13.
12. Yannian Zhang 1,2 and Moncef L. Nehdi 1 Experimental Study on Cast-In-Situ Masonry Cavity Walls Subjected to In-Plane Cyclic Loading.
13. Miglietta M, Damiani N, Guerrini G, Graziotti F. Full-scale shake-table tests on two unreinforced masonry cavity-wall buildings: effect of an innovative timber retrofit. Bulletin of Earthquake Engineering volume 19, pages 2561–2596 (2021).
14. Giaretton, M., Dizhur, D., da Porto F, & Ingham, J.M. (2016). "Shaking table testing of as-built and retrofitted clay brick URM cavity walls". In Engineering Structures, 125, pp 70-79.
15. Giaretton, M., Dizhur, D., da Porto F, & Ingham, J.M. Construction Details and Observed Earthquake Performance of Unreinforced Clay Brick Masonry Cavity-walls journal Structures 6 (2016) 159–169.
16. Brick Masonry Cavity Walls, Insulated, Detailing, Construction. Technical Note 21 series. - Virginia: Brick Industry Association, 1998. - 14 p.
17. Cavity Walls. Design Guide for Taller Cavity Walls. - Illinois, 1985. - 20 p.
18. ИЦУК М. К. Диссертации по теме: «Прочность и трещиностойкость каменной кладки наружных многослойных стен» Москва 2020 г. 302 стр.
19. Научно-технический отчет «Разработка технических решений наружных многослойных стен с лицевым слоем из кирпичной кладки для климатических условий г. Москвы и Московской области». ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко Москва 2008.

MULTILAYER WALL STRUCTURES CONSTRUCTED FROM NATURAL LIMESTONES AND RECOMMENDATIONS FOR THEIR DESIGN

*PhD Abdy Garayev, PhD Yamen Eminov, Bakhtiyar Huseynov, Shahin Garayev
Azerbaijan Scientific Research Institute of Construction and Architecture*

Summary: The article reflects the results of scientific research conducted to determine the load-bearing capacity of multilayer wall specimens constructed from local limestone materials, as well as their application in masonry and frame buildings located in seismic regions.

The test results of the load-bearing capacity and durability of the wall specimens were comparatively analyzed against their theoretical values.

The methodology for determining the load-bearing capacity of the walls has been refined. Based on the results obtained, the feasibility of applying these walls has been studied depending on the number of storeys of masonry buildings, as well as the spacing and height of the load-bearing structural elements of frame buildings. Taking into account the results obtained, the analysis conducted, and international experience in this field, recommendations have been developed for the design of multilayer external walls constructed from natural limestones.

Keywords: multilayer wall, masonry, inner layer, outer layer, limestones, masonry mortar, load-bearing walls, non-load-bearing walls, central compression, eccentric compression, horizontal impact, strength, durability, thermal insulation layer, recommendations.

МНОГОСЛОЙНЫЕ СТЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗ НАТУРАЛЬНОГО ИЗВЕСТНЯКА И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ПРОЕКТИРОВАНИЮ

к.т.н. Абды Гараев, к.т.н. Ямэн Эминов, Бахтияр Гусейнов, Шахин Гараев.

Азербайджанский Научно-Исследовательский Институт Строительства и Архитектуры

Аннотация: В статье отражены результаты научно-исследовательских работ, проведенных с целью определения несущей способности многослойных образцов стен из местных известняковых материалов и их применения в каменных и каркасных зданиях в сейсмических районах.

Результаты испытаний несущей способности и устойчивости образцов стен были сопоставлены с их теоретическими оценками в рамках сравнительного анализа. Методика определения несущей способности стен была уточнена. На основе полученных результатов была изучена возможность применения стен в зависимости от этажности каменных зданий, а также угла наклона и высоты несущих конструкций каркасного здания.

С учетом полученных результатов, проведенного анализа и мирового опыта в данной области были разработаны рекомендации по проектированию многослойных наружных стен из природного известняка.

Ключевые слова: многослойная стена, кладка, внутренний слой, наружный слой, известняки, кладочный раствор, несущие стены, ненесущие стены, центральное сжатие, внецентровое сжатие, горизонтальное воздействие, прочность, устойчивость, слой теплоизоляции, рекомендации.

UOT 624.01

DOI.org/https://doi.org/10.30546/3106-4817.2025.03.205

**ENERJİYƏ QƏNAƏTLİ, EKOLOJİ TƏMİZ BİODAVAMLI
POLİSTİROLBETON QORUYUCU DİVAR KONSTRUKSİYALARININ TƏDQIQI***tex.üzrə f.d. Rövşən Rzayev¹, Vladimir Oxotnikov, Valeh Əliyev³, Arifə İskəndərova, Nigar Qarayeva²**Azərbaycan İnşaat və Memarlıq Elmi-Tədqiqat İnstitutu**Mirkərim Məmmədov, Heydərov Ramin, Təbrizli Murad Fiberstone MMC*¹ORCID ID- 0009-0009-6238-6483, ²ORCID ID- 0009-0001-8333-6823

Xülasə: Aparılmış tədqiqatlar göstərdi ki, binaların istehlak etdiyi enerjinin miqdarının azalmasını əsas istiqamətlərindən biri də bina və qurğuların tikintisində daha yüngül, enerjiyə qənaətli, ekoloji təmiz divar materiallarından istifadə edilməsidir. Son illərdə dünya tikinti praktikasında geniş tətbiq edilən belə materiallardan biri də polistirolbetondur. Polistirolbeton bloklardan divar hörgü konstruksiyalarının hesablanması və layihələndirilməsi Azərbaycan Respublikasında qüvvədə olan layihələndirmə normaları ilə tənzimlənmişdir.

Dünyada aparılmış elmi tədqiqat işlərində polistirolbeton qoruyucu divar konstruksiyalarının zəlzələ yükləri təsirinə dayanıqlığı tələb olunan dərəcədə öyrənilməmiş, normativ sənədlər əsasən qeyri-seysmik zonalar üçün tərtib edilmişdir. Qarabağ və Şərqi Zəngəzur, eləcə də Azərbaycan Respublikasının digər əraziləri yüksək intensivlikli zəlzələ rayonunda yerləşir.

Məqalədə hörgü konstruksiyaları üzərində dünyada aparılan elmi-tədqiqat işlərinin icmalı aparılmış, polistirolbeton bloklardan, panellərdən qoruyucu divar konstruksiyalarının tətbiq sahələri müəyyənləşdirilmiş, polistirolbeton bloklardan qoruyucu divar konstruksiyalarının materiallarına tələblər təyin edilmiş, polistirolbeton məmulatlarından hörgü konstruksiyası üçün yapışqan kompozisiyaları öyrənilmişdir. Blokların, məhlulun fiziki mexaniki göstəricilərinin (möhkəmliyinin, ilişgənliyinin) təyin edilməsi üsulları müəyyənləşdirilmiş, məhlulun blokların sıxılmada, dartılmada möhkəmlikləri, məhlulla blokların ilişgənliyi təyin olunmuşdur.

Azərbaycan Respublikasının işğaldan azad edilmiş Qarabağ və Şərqi Zəngəzurdə, eləcə də ölkəmizin digər rayonlarında tikiləcək binalarda polistirolbeton bloklardan qoruyucu divar konstruksiyalarının tətbiqi binaların istilik mühafizəsinin səmərəli təşkilini, yaşıl enerjiden istifadəsini və enerjiyə qənaət edilməsini təmin edə bilər.

Açar sözlər: Azmərtəbəli, yükdaşıyan divarlar, öz yükünü daşıyan divarlar, yükdaşımayan divarlar, möhkəmlik, ilişgənlik.

Dünyada binaların enerji istehlakı ildən ilə sürətlə artır. İnkişaf etmiş ölkələrdə (ABŞ, Türkiyə, Avropa birliyi, Çin, Hindistan) illik enerji istehsalının 37%-i binaların istehlakına sərf edilir. İqtisadiyyatın sürətli inkişafı binaların istehlak etdiyi enerjinin miqdarının azalmasını tələb edir. Binaların istehlak etdiyi enerjinin miqdarının azalmasını əsas istiqamətlərindən biri də bina və qurğuların tikintisində daha yüngül, enerjiyə qənaətli, ekoloji təmiz divar materiallarından istifadə edilməsidir.

Son illərdə dünya tikinti praktikasında geniş tətbiq edilən belə materiallardan biri də polistirolbetondur. Polistirolbeton bloklar, panellər, tavalər ilkin mərhələdə yükdaşımayan fasad və daxili divarlar konstruksiyalarında istifadə edilməsi tövsiyə olunmuşdur /1/.

Polistirolbeton XX əsrin 50-ci illərində “BASF” firması tərəfindən kəşf edilmişdir. Polistirolbetonun istehsalının iqtisadi cəhətdən çox bahalı olması o dövrdə onun tikinti praktikasında tətbiqini çətinləşdirmişdir.

XX əsrin 70-80-ci illərində neft böhranının yaranması ilə enerjiyə qənaət tələbləri sərtləşdirilmişdir. ABŞ və Qərbi Avropa ölkələrində enerjiyə qənaətli ekoloji tələblərə cavab verən yeni divar konstruksiyalarının tikintidə tətbiq edilməsinə başlanmışdır. Bu növ divar konstruksiyalardan biri də polistirolbeton bloklardan, panellərdən quraşdırılmış qoruyucu divar konstruksiyasıdır.

Polistirolbeton yüngül betonlar qrupuna aid olan kompozit materialdır. Polistirolbeton karkas binaların mühafizə divar konstruksiyalarında, yükdaşıyan divarlarda, arakəsmələrdə istilik qatı kimi

tətbiq edilir. Polistirolbeton zəif yanan (Г1), çətinalısan (B1), az tüstü yaradan (D1) yanğın təhlükəsizliyi tələblərinə uyğun gəlir və istilik izolyasiyası kimi inşaatda geniş tətbiq edilir.

Polistirolbetonun alınmasında əsasən aşağıdakı materiallar istifadə olunur: -doldurucu kimi polistirol qranulları; sement; məsamə yaradan maddə.

Polistirolbetonun tətbiq sahəsi aşağıdakılardır:

- azmərtəbəli evlərin tikintisində, yükdaşıyan divar və örtüklərdə;
- 25 mərtəbəyədək monolit dəmir-beton kaskad binaların yükdaşımayan xarici divarlarda, arakəsmələrdə;
- bina və qurğuların divarlarının, damlarının, döşəmələrinin istilik və səs izolyasiyasında.

Polistirolbeton 200-600 kq/m³ sıxlıq (D) intervalında istehsal olunur, istilikkeçirməsi 0,085-0,145 Vt/Mk, möhkəmliyi 0,2-2,5 MPa intervalllarında dəyişir.

Sənaye tullantısı olan polistirolun yığma yüngül panellərdə doldurucu kimi istifadəsinin eksperimental tədqiqatlarının nəticələri /2/ işində verilmişdir. Təbii qum əvəzinə qum daşı çınqılından istifadə edilmişdir. Polistirolbetonun möhkəmlik həddi 7 gündə 3,94-6,18 MPa intervalında alınmış və yüngül panellərə qoyulan tələbləri ödəmişdir.

Əymə profilli tirlərdən, yığma monolit polistirolbeton bloklardan hazırlanmış örtük tavalarının (qalınlığı 250 mm, aşırımı 2,7 m, bərabər paylanmış yük ($g=600$ kq/m²) yük altında fraqmentinin 3 saat müddətində yanğınadavamlılıq sınağı aparılmış və sınaq nəticəsində nümunədə ciddi zədələnmələr müşahidə edilməmişdir. /3/

Polistirolbeton blokların sıxılmada möhkəmliyini öyrənmək məqsədi ilə /4/ işində aparılmış tədqiqatlarda sement qum qarışığı, armatur millərindən hazırlanmış torlardan, termokoldan istifadə edilmişdir. Bu materialların müxtəlif kombinasiyalarına baxılmışdır. 8 ədəd 400x200x100 mm ölçüdə sınaq nümunələri hazırlanmış və onların sınaqları aparılmışdır. Sınaqlar nəticəsində 28 gündən sonra blokların möhkəmlik göstəricisinin 4,12 MPa, həcm çəkisinin isə 1200 t/m³ olduğu müəyyənləşmişdir.

Azərbaycan Respublikasının işğaldan azad edilmiş Qarabağ və Şərqi Zəngəzurda, eləcə də ölkəmizin digər rayonlarda tikilən binaların istilik mühafizəsinin səmərəli təşkili, yaşıl enerjidən istifadə və enerjiyə qənaət edilməsi aktual məsələlərdən biridir. Bu məsələlərin həllində xarici qoruyucu divar konstruksiyalarının tətbiqi binaların istilik mühafizəsinin etibarlı təşkil edilməsində xüsusi əhəmiyyətə malikdir. Respublikamızda polistirolbeton bloklardan divarlar azmərtəbəli fərdi yaşayış evlərin tikilməsində məhdud həcmdə tətbiq edilməyə başlamışdır.

Bununla bərabər, çoxmərtəbəli karkas binaların qoruyucu divarlarının polistirolbeton bloklardan, iri panellərdən yerinə yetirilməsi istiqamətində işlərin aparılmasına cəhdlər edilmişdir. Polistirolbeton bloklardan qoruyucu divarlar hörgü konstruksiyaları hal-hazırda dünyada (ABŞ, Avropa, Rusiya, Orta Asiya, Çin, Yaponiyada, Sinqapurda və s.) geniş tətbiq edilir /5/, /6/, /7/.

Polistirolbeton divarların digər qoruyucu divar konstruksiyalarına nisbətini aşağıdakı üstünlüklərə malikdir: - divarların birqatlı, bütöv sadə olunması; - divarların yüksək istilik səs izolyasiyasına malik olması; - divarların zəif yanan olması; - divarların çətin alışıq olması; - divarların digər materiallara nisbətən çəkisinin az olması.

Polistirolbeton bloklardan divarlar konstruksiyalarının hesablanması və layihələndirilməsi Azərbaycan Respublikasında qüvvədə olan layihələndirmə normaları ilə hal-hazırda tənzimlənmişdir.

Ölkəmiz yüksəkintensivlikli seysmik ərazidə yerləşdiyindən polistirolbeton divar konstruksiyaların dayanıqlığının, etibarlılığının və təhlükəsizliyin təmin edilməsi böyük əhəmiyyət kəsb edir. Dünyada və MDB ölkələrində polistirolbeton bloklardan daş hörgü divar konstruksiyaları üzərində seysmik yüklər nəzərə alınmaqla elmi tədqiqat işlərinin kifayət qədər aparılmaması, bu divar konstruksiyalarının zəlzələ rayonlarında layihələndirilməsində çətinliklər yaradır. Hörgü konstruksiyalarının zəlzələ yüklərinə sınaqları əsasən kərpic, daş, beton blok hörgü konstruksiyaları üzərində aparılmış və onlara aid tələblər /8/, /9/-da verilmişdir.

Polistirolbeton bloklardan qoruyucu divar konstruksiyaları əsasən yükdaşıyan dəmir beton elementli (bünövrəli, divarlı, sütunlu, pilonlu, rigelli, mərtəbəarası və dam örtüklü) kütləvi tikilən

binalarda tətbiq edilir. Polistirolbeton bloklardan qoruyucu divar konstruksiyalarının digər konstruktiv sxemli binalarda da tətbiqinə yol verilir.

Polistirolbeton bloklardan qoruyucu divar konstruksiyası, suvaqlı, kərpic, daş üzlüklü və havalandırılan asma panelli fasadlı binaların tikintisində istifadə edilir.

Polistirolbeton bloklardan qoruyucu divar konstruksiyası istifadə edilən ictimai və yaşayış binaların əsas parametrləri cədvəl 1-də verilmişdir.

*Polistirolbeton bloklardan qoruyucu divar konstruksiyalı
ictimai və yaşayış binalarının parametrləri*

Cədvəl 1

S/s	Parametr	Ölçü vahidi	Parametrin ölçünün nominal qiyməti
1	Uzununa istiqamətdə yükdaşıyan divarlar, sütunlar arasındakı məsafə, addım	mm	3300, 3600, 4200, 4800, 5400, 6000, 6600, 7200
2	Mərtəbə hündürlüyü	mm	2800, 3000, 3300, 3600
3	Pəncərə boşluğunun orta hündürlüyü	m	1,2, 1,5, 1,8
4	Pəncərə boşluğunun eni	m	0,9, 1,2, 1,5, 1,6, 2,1, 2,4, 2,7
5	Mərtəbəarası örtüklərin qalınlığı	mm	140, 160, 180, 200, 220, 250
6	Yükdaşıyan daxili divarların eni	mm	140, 160, 180, 200
7	Binanın hündürlüyü: - yaşayış; - ictimai	m	75 m-dən çox olmayaraq, 50 m-dən çox olmayaraq
8	Temperatur tikişləri arasındakı məsafə, çox olmayaraq	m	100

Yığma polistirolbeton məmulatların qoruyucu divar konstruksiyalarında tətbiq sahəsi cədvəl 2-də göstərilmişdir. Daxili divarlarda, arakəsmələrdə eləcə də mərtəbəarası örtük konstruksiyasında xüsusi yüngül polistirolbetondan istifadə etmək tövsiyyə edilmir.

Yığma polistirolbeton məmulatların qoruyucu divar konstruksiyalarında tətbiq sahəsi Cədvəl 2

Polistirolbetonun növü	Yerinə yetirilməsi	Tətbiq sahəsi	Polistirolbetonun göstəriciləri	
			Orta sıxlıq üzrə	Sıxılmada möhkəmliyi üzrə
İstilik mühafizəsi	Tava	Divarların, mərtəbəarası və dam örtüklərinin istilik mühafizəsi	P-150-220	M2-M5 (B035)
Konstruktiv- İstilik mühafizəsi	Bloklar, atmalar	75m hündürlüklü binaların xarici yükdaşımayan qoruyucu divarlar üçün	D 250-350	B 05-B-1
Konstruktiv- istilik mühafizəsi	Bloklar	Az mərtəbəli (1-2) binaların xarici yükdaşıyan divarları	D 400-600	B1,5-B2,5
	Atmalar	Xarici yükdaşıyan və yükdaşımayan divarlar		

Nəm havalı və yaş rejimli otaqların xarici divarlarında daxili üzlük qatı ilə polistirolbeton qatı arasında xüsusi buxar mühafizə qatı verilməklə, xüsusi yüngül polistirolbetonun tətbiqinə yol verilir. Xüsusi yüngül polistirolbeton qoruyucu divarlı binalar üçün aşağıdakılara icazə verilmir:

- binaların asma ventilyasiya fasad metal konstruksiya elementlərinin polistirolbeton bloklara bərkidilməsinə;
- binaların yeraltı və kürsü mərtəbələrində polistirolbetona xüsusi hidroizolyasiya tətbiq etmədən;

Sıxlıqdan asılı olaraq polistirolbetonun göstəriciləri cədvəl 3-də verilmişdir. Polistirolbeton bloklardan qoruyucu divarların hörgü konstruksiyasının yerinə yetirilməsi və polistirolbeton elementlərin bir-birinin yapışdırılması üçün portlandsement və narın qum əsasında hazırlanan “isti”, “soyuq” yapışqan quru qarışıqlar tətbiq edilir.

Polistirolbeton bloklardan qoruyucu divarların hörgü konstruksiyasının yerinə yetirilməsi və polistirolbeton elementlərin bir-birinin yapışdırılması üçün bərkimiş vəziyyətdə həcm çəkisi 600-800 q/sm³ olan quru qarışıq “isti yapışqan” kompozitindən istifadə edilməsi tövsiyə olunur.

Cədvəl 3

Sıxlıq, kq/m ³	Tətbiq sahəsi	Möhkəmlik göstəricisi	İstilikkeçirmə əmsalı, Vt/mC°
D 200-300	İstilik səs izolyasiyası	M 2 – M 5 (B 0,35)	0,085
D 300-350	Yükdaşmayan divarlarda	B 0,5 – 0,35	0,105
D 400-600	Azmərtəbəli binaların yükdaşmayan xarici divarlarında	B 1,5 – B 2,5	0,125
D 450-600	Azmərtəbəli binaların yükdaşıyan xarici mühafizə divarlarında, örtüklərdə	B 1,5 – B 2,5	0,145

“İsti yapışqan” kompozitinin tətbiqi zamanı hörgü tikişinin qalınlığı 4-5 mm qəbul edildikdə, onlarda yığılma deformasiyaları və yelçəkən çatlar yaranmır, yaranmış səthi yığılma çatları təkrar sürtülməklə aradan qaldırılır və nəticədə bərkimiş yapışqan kompozisiyasında (məhlulda) tikişlərin havakeçirməzlik qabiliyyəti xeyli artır. Yapışqan kompozitləri müsbət (+5°S-dən, 40°S-dək) və qış variantlarında (-20°S-dən +5°S-dək) temperaturalarda tətbiq edilir. Onların başlanğıc bərkimə müddəti temperaturdan asılı olaraq 5-120 dəqiqə intervalında dəyişir.

Polistirolbeton blok hörgüsü üçün istifadə olunan “İsti” yapışqan kompozitlərinə dair texniki tələblər cədvəl 4-də verilmişdir.

“İsti” yapışqan kompozitləri üçün texniki tələblər

Cədvəl 4

S/s	Bərkimiş “isti” yapışqan kompozitlərinin göstəricilərinin adları	Göstəricilərin qiyməti	
1	həcm kütləsi (sıxlıq), kq/m ³	600	800
2	28 gündən sonra sıxılmada möhkəmliyi, MPa, az olmayaraq	2,0	2,5
3	əyilmədə möhkəmlik həddi, MPa, az olmayaraq	0,5	0,6
4	İstilikkeçirmə əmsalı, (Vt/MC°), çox olmayaraq: - quru halda; - istismar şəraitində	0,17 0,20	0,19 0,22
5	Şaxtaya davamlılıq, az olmayaraq	F35	F50
6	Yanma qabiliyyəti (alışqanlılıq)	Yanmayan	
7	Polistirolbetona qarşı adqəziya möhkəmliyi, MPa, az olmayaraq	0,1	
8	Kompozit və onun komponentlərinin zəhərliliyi	Zəhərsizdir, ekoloji təhlükəsizdir.	
9	Suya davamlılıq, az olmayaraq	0,95	
10	Yapışqan məhlulunun tövsiyə olunan qalınlığı, mm	2-4	

Polistirolbeton bloklardan qoruyucu divarların hörgü konstruksiyasının yerinə yetirilməsi və polistirolbeton elementlərin bir-birinin yapışdırılması üçün istilik keçirmə əmsalından başqa cədvəl 3.1.1-in tələblərini ödəyən “soyuq” yapışqan kompozisiyalarından həcm çəkisi $\nu=1600-1700$ kq/m³ olan məhlullarının istifadəsinə icazə verilir.

Polistirolbeton bloklardan divar hörgü konstruksiyasının hesablamalarında bloklar arasında yapışqan tikişlərinin təsiri polistirolbetonun hesabi müqavimətinə vurulan $K_{i\varphi}$ şəraiti əmsalı ilə nəzərə alınır: - “soyuq yapışqan” kompozitləri ilə ($\nu=1600-1700$ kq/m³) yerinə yetirilən hörgülərdə sıxılmada müqavimətini R_b -ni , $K=0,7$ əmsalına vurulmaqla; - “isti yapışqan” kompozisiyalarında

($\nu=600-800$ kq/m³) yerinə yetirilən hörgülərdə sıxılmada müqavimətini R_b -ni, $K=0,8$ əmsalına vurulmaqla; - “soyuq yapışqan” kompozisiyalarda yerinə yetirilən hörgülərdə əyilmədə dartılma müqavimətini R_{btf} -ni, $K=0,85$ əmsalına vurulmaqla; - “isti yapışqan” kompozisiyalarında yerinə yetirilən hörgülərdə əyilmədə dartılma müqavimətini R_{btf} -i, $K=0,9$ əmsalına vurulmaqla;

Polistirolbeton blok hörgü konstruksiyasının iş şəraiti əmsalı ilə, azaldılmış hesablaşma möhkəmlik xarakteristikaları cədvəl 5-də verilmişdir.

Polistirolbeton blok hörgüsünün möhkəmlik hesablaşma xarakteristikaları Cədvəl 5

Orta sıxlıq üzrə polistirolbeton blokların markası	Sıxılmada möhkəmlik sinfi*	Hörgünün elastiklik modulu, $E_b \cdot 10^{-2}$, MPa		Polistirolbeton bloklardan hörgünün hesabi müqaviməti, MPa			
		“isti” yapışqan kompozisiyasında	“soyuq” yapışqan kompozisiyasında	Sıxılmada R_{bk}		əyilmədə dartılma R_{btfk}	
				“isti” yapışqan kompozisiyasında	“soyuq” yapışqan kompozisiyasında	“isti” yapışqan kompozisiyasında	“soyuq” yapışqan kompozisiyasında
D225	B035/B05	200/220	270/300	0,23	0,20	0,14	0,13
D250	B0,5/B0,75	250/275	330/360	0,33	0,29	0,19	0,18
D300	B0,75/B1	300/365	390/470	0,48	0,42	0,25	0,24
D350	B1/B,15	425/500	540/630	0,63	0,55	0,29	0,27
D400	B1,5	585	720	0,92	0,81	0,34	0,32
D450	B1,5	705	860	1,18	1,04	0,39	0,37
D500	B2	770	930	1,43	1,25	0,41	0,39

Qeyd: *kəsrin surətində adi texnologiya ilə hazırlanan polistirolbeton blokların möhkəmlik sinfi, hörgünün elastiklik modulunun qiymətləri göstərilmişdir. Kəsrin məxrəcində normativ sənədlərin (DÜST, texniki şərt və s.) tələbləri əsasında hazırlanmış polistirolbeton blokların möhkəmlik sinfi, hörgünün elastiklik modulu verilmişdir.

Polistirolbeton bloklardan hörgü konstruksiyasının istilik texniki bircinslilik xarakteristikalarının qiymətləri, polistirolbeton blokların ölçüsündən, istilikkeçirməsindən, yapışqanın tikişlərindən və onların qalınlığından asılı olaraq cədvəl 6-da verilmişdir;

Cədvəl 6

Üfiqi hörgü tikişlərinin qalınlığı, $a_{üt}$, mm	Şaquli hörgü tikişlərinin qalınlığı, $a_{şb}$, mm	Hörgünün texniki istilik bircinslilik əmsalının hesablaşma qiyməti, τ_h			
		“isti” yapışqan kompozitlərində		“soyuq” yapışqan kompozitlərində	
		Üfiqi tikişlərin torlarla armaturlanması			
		Bazalt	Polad	Bazalt	Polad
3	2	0,997/0,981	0,974/0,978	0,928/0,937	0,897/0,912
	3	0,975/0,978	0,971/0,975	0,896/0,909	0,887/0,902
4	2	0,972/0,976	0,968/0,973	0,886/0,903	0,878/0,897
	3	0,969/0,974	0,965/0,970	0,876/0,893	0,868/0,887
	4	0,961/0,971	0,962/0,968	0,867/0,868	0,859/0,877
5	3	0,964/0,969	0,960/0,966	0,857/0,877	0,850/0,871
	4	0,961/0,967	0,957/0,964	0,848/0,868	0,841/0,862
	5	0,959/0,964	0,955/0,961	0,839/0,858	0,832/0,852

Qeyd: - Blokların ölçüləri: uzunluğu $l=595$ mm, hündürlüyü $h=295, 375$, eni $b=295, 375$ mm;

- Kəsrin surətində hündürlüyü 295 mm, məxrəcində isə hündürlüyü 375 mm polistirolbeton bloklardan hörgünün istilik bircinslilik əmsalı τ_h qiymətləri göstərilmişdir;

- Polistirolbetonun xarakteristikaları: -orta sıxlıqlı D 250; -hesablaşma istilik keçirmə əmsalı $\lambda_{p,b}=0,08$ BT/(M·C°);

- Yapışqan kompozisiyasının xarakteristikaları: - “isti” sıxlığı $\rho=800$ kqq/sm², $\lambda_k=0,22$ Vt/mC°; “soyuq” $\rho=1650$, $\lambda_k=0,70$ Vt/mC°.

Polistirolbeton bloklardan divarların üzlənməsində keramiki fasad kərpiclərindən, əhəngdaşı üzlük daşlarından, sement qum suvaq qatından istifadə edilir. Kərpic üzlük daşının markası möhkəmliyə əsasən M100-dən, şaxtayadavamlılığa əsasən F75-dən, məhlulun markası isə M50-dən aşağı qəbul edilməməlidir.

Polistirolbeton bloklardan divar üzlənməsində istifadə edilən üzlük əhəng daşlarının möhkəmliyi M100-dən, şaxtayadavamlılığı F75-dən, məhlulun markası isə M-50-dən aşağı qəbul edilməməlidir.

Polistirolbeton bloklardan, divarların daxili və xarici səthləri polad torlarla sement qum, sement əhəng qum məhlulları ilə suvanmalıdır. Suvaq məhlulunun sıxılmada möhkəmliyi M50-dən, şaxtaya davamlılığı F50-dən az qəbul edilməməli və ГОСТ 2813-89 tələblərini ödəməlidir.

Polistirolbeton divarların daxili səthləri üçün suvaqla bərabər lifli gips kardon lövhələr də istifadə edilə bilər.

Polistirolbeton bloklardan divarlara xarici daş üzlük qatının bərkidilməsi, üzlük hissənin üfqi tikişləri ilə blok hörgüsünün üfqi tikişləri üst-üstə düşən sahələrdə hörgü tikişlərinə qoyulmuş üfqi rabitə elementləri ilə həyata keçirilir.

Üfqi rabitə elementi kimi diametri 1-1,2 mm, yuvalarının ölçüləri 20x20 mm olan polad və ya 1 mm, yuvalarının ölçüləri 25x25 mm olan yanğınadavamlı bazalt torlar istifadə edilir. Üfqi çevik rabitə element kimi diametri 3 mm olan B_pI polad ГОСТ 6727-80-in tələblərini ödəyən armatur millərindən ankerlərin istifadəsinə yol verilir.

Yükdaşıyan sütunlar və mərtəbəarası örtüklərlə polistirolbeton bloklardan divarların eləcə də pəncərə qapı çərçivələrinin bərkidilməsində polad birləşdirici lövhələrdən deşilmiş polad lentlərdən, dübellərdən, şaybalardan, şruplardan istifadə edilir.

Zəlzələ ərazilərində polistirolbeton blok hörgü konstruksiyasının tətbiqinin mümkünlüyünü təsdiq etmək məqsədi ilə AzİMETİ-nin “Zəlzələyədavamlı bina və qurğular” laboratoriyasında tədqiqatlar aparılmışdır. Tədqiqatların üç mərhələdə aparılması planlaşdırılmışdır: I mərhələdə polistirolbeton blokların hazırlanmasında polistirolbetonun sıxlıq, möhkəmlik, ilişənlik göstəricilərinin müəyyənəndirilməsi; II mərhələdə polistirolbeton bloklardan sınaq divar nümunələrinin hazırlanması və onların şaquli, üfqi yük təsirlərinə sınaqlarının aparılması; III mərhələdə polistirol bloklardan, qoruyucu divar konstruksiyalarının zəlzələ rayonlarında layihələndirilmə və tikintidə tətbiqinə dair tövsiyələrin hazırlanması.

Məlumdur ki, hörgü konstruksiyasının möhkəmliyi hörgü məhlulu və daşlarının möhkəmliyindən və hörgü daşlarının məhlula yapışmasından asılıdır. Bununla əlaqədar olaraq I mərhələdə hörgü məhlulu və daşlarının laboratoriya sınaqları aparılmışdır. Sınaq nümunələri üçün tərkiblər və sınaq nümunələri Fiberstone MMC-nin mütəxəssisləri tərəfindən onların istehsalat bazasında hazırlanmışdır. Sınaqlar və alınmış nəticələrin təhlili AzİMETİ-də aparılmışdır.

Yüngül bloklardan divar konstruksiyasının hörülmesi üçün sement əsaslı toz şəkilli yapışdırıcı məhlul kimi istifadə edilmişdir.

Yapışdırıcının sıxılmada möhkəmliyini öyrənmək üçün uyğun olaraq 9 ədəd 70,0x70,0x70,0 mm ölçülü kub nümunələri hazırlanmış və onların laboratoriya sınaqları aparılmışdır (şəkil 1) və sınaqların nəticələri cədvəl 7-də verilmişdir.



Şəkil 1. Yapışdırıcının sıxılmada möhkəmliyi

Məhlulun nümunələrinin sıxılmada möhkəmliyi

Cədvəl 7

Sınaq nümunəsinin Nəsi	Həndəsi ölçüləri, mm	Çəki, q	Həcm çəkisi q/sm^3	Sıxılmada möhkəmlik, Mpa	
				7 gün	28 gün
SN - 1	70,0x70,0x70,74,0	595	1,64	3,23	6,46
SN - 2	70,3x70,5x70,5	631	1,81	3,43	6,65
SN - 3	70,1x70,2x70,3	615	1,78	3,31	6,52

Yapışdırıcının əyilmədə dartılma müqavimətini öyrənmək üçün 12 ədəd 40x40x160 mm ölçülü tir nümunələri hazırlanmış və onların laboratoriya sınaqları aparılmışdır (şəkil 2) və sınaqların nəticələri cədvəl 8-də verilmişdir



Şəkil 2. Məhlulun əyilmədə dartılma müqavimətini təyini

Məhlul nümunələrinin əyilmədə dartılma müqaviməti

Cədvəl 8

Sınaq nümunəsinin Nəsi	Həndəsi ölçüləri, mm	Çəki, q	Həcm çəkisi, q/sm^3	Əyilmədə dartılma müqaviməti, Mpa		Sıxılmada möhkəmlik, Mpa	
				7 gün	28 gün	7 gün	28 gün
SN 4	40x40x160	419	1,63	2,46	3,201	3,45	6,66
SN 5	40x40x160	463	1,80	2,48	3,472	3,56	6,78
SN 6	40x40x160	455,7	1,78	2,502	3,352	3,57	6,82

Polistirolbeton blokların möhkəmliyini təyin etmək üçün 20 ədəd 100x100x100 mm ölçülü kub nümunələri hazırlanmış və onların laboratoriya sınaqları aparılmışdır (şəkil 3) və sınaqların nəticələri cədvəl 8a-da verilmişdir.



Şəkil 3. Polistirolbeton blokların sıxılmada möhkəmliyinin təyini

Polistirolbeton nümunələrinin sıxılmada möhkəmliyi

Cədvəl 8a

Sınaq nümunəsinin Nəsi	Həndəsi ölçüləri, mm	Çəki, q	Sıxlığı, D (q/sm^2)	Sıxılmada möhkəmlik, Mpa	
				7 gün	28 gün
SN 7	100x100x100	407	0,407	0,95	1,536
SN 8	100x100x100	404	0,404	0,94	1,47
SN 9	100x100x100	388	0,388	0,92	1,41

Polistirol blokların əyilmədə dartılma müqavimətini təyin etmək üçün 9 ədəd 100x100x400 mm ölçülü tir nümunələri hazırlanmış və onların laboratoriya sınaqları aparılmışdır (şəkil 4) və sınaqların nəticələri cədvəl 9-da verilmişdir.



Şəkil 4. Polistirolbeton blokların əyilmədə dartılma müqavimətinin təyini

Polistirolbeton blokların əyilmədə dartılma müqaviməti

Cədvəl 9

Sınaq nümunəsinin №si	Həndəsi ölçüləri, mm	Çəki, q	Sıxlığı, D (q/sm ³)	Əyilmədə dartılma müqaviməti, Mpa	
				7 gün	28 gün
SN 10	100x100x400	1632	0,408	0,492	0,64
SN 11	100x100x400	1616	0,404	0,442	0,62
SN 12	100x100x400	1560	0,39	0,435	0,61

Polistirolbeton blok hörgü konstruksiyasının ox boyu dartılmada müqavimətini təyin etmək üçün 2 ədəd 100x100x100 mm ölçülü kub nümunələri 5 mm qalınlığında hörgü məhlulu ilə yapışdırılmış, onların xüsusi qurğuda dartılmaya laboratoriyada sınaqları aparılmışdır (şəkil 5) və sınaqların nəticələri cədvəl 10-da verilmişdir.



Şəkil 5. Sınaq nümunələrinin hazırlanması

Polistirolbeton blok hörgüsünün ox boyu dartılmada müqaviməti

Cədvəl 10

Sınaq nümunəsinin №si	Həndəsi ölçüləri	Çəkisi, kq	Normal ilişgənlik, Mpa	
			7 gün	28 gün
SN13	100x100x205	1.005	0,19	0,285
SN14	100x100x205	1.004	0,18	0,288
SN15	100x100x205	1.006	0,185	0,296

Nəticələr

Aparılmış laboratoriya sınaqları hörgü məhlulunun həcm çəkisinin 1,63-1,81 q/sm³, 28 gündə sıxılmada möhkəmliyinin orta qiyməti 6,543 Mpa, əyilmədə dartılma müqavimətinin 3,342 Mpa, normal ilişgənliyinin 0,29 Mpa olduğunu göstərmişdir. Məhlul seysmik rayonlarda hörgü konstruksiyası üçün məhlullara qoyulan normativ tələbləri ödəyir./9/ Laboratoriya sınaqlarının nəticələrinə əsasən polistirolbeton divar sınaq nümunələrinin hörgüsündə yuxarıda göstərilən hörgü məhlulu istifadə edilə bilər.

Aparılmış laboratoriya sınaqları polistirolbeton blokların sıxlığının D399, 28 gündə sıxılmada möhkəmliyinin orta qiymətinin 1,472 Mpa, əyilmədə dartılma müqavimətinin 0,623 Mpa olduğunu göstərmişdir. Bu tərkibdə hazırlanmış blok nümunələrinin möhkəmlik göstəriciləri hörgü daşlarına qoyulan tələbləri ödəmir /9/. Bununla əlaqədar divar sınaq nümunələrinin hazırlanmasında polistirolbeton blokların sıxlığının D 399-dan, D600-dək artırılması tövsiyyə olunur.

Azərbaycan Respublikasının işğaldan azad edilmiş Qarabağ və Şərqi Zəngəzurda, eləcə də ölkəmizin digər rayonlarında tikiləcək binalarda polistirolbeton bloklardan qoruyucu divar konstruksiyalarının tətbiqi binaların istilik mühafizəsinin səmərəli təşkilini, yaşıl enerjidən istifadəsini və enerjiyə qənaət edilməsini təmin edə bilər.

İstifadə olunmuş ədəbiyyat

1. Dapuguntala Lakshimi Pranahita, Punkesh Kumar, Shwetank, Shabana Banu. "Eksperimental studi on partial replacement" of Coarse. Aggregate by eps (expanded polyesterine) beade in concrete bloks". International journal of research publikation and reviews, vol 3. Issue 7, PP477-485, Julu 2022.
2. Kothari, Akash, Chaudhari Balasahed. International journal of innovative resarch in science, engineering and technologi, vol 6, issue 4, april 2017.
3. Marina Gravit, Ekatrina Nedviga, Natalia Vinqradova and Zhauna Teplova "Fire resistance of prefabricated monolithic slab". Matec of Conferenses 106, 02025 (2017, SPBWOSCE/ 2016).
4. S.Ananda Selvan "Eksperimental study on lightweight polystyrene sandwich blocks replacment of bricks". Ultem as, volume V, issue III march 2016, page 73-76.
5. ГОСТ 33929 «Полистиролбетон. Технические условия». Москва, Стандартинформ. 2016 г.
6. СП 4341325800. 2018 «Конструкции ограждающие из полистиролбетона. Правила проектирования». Москва, Стандартинформ. 2019 г.
7. ТУ 2214-019-53505711-2010 «Полистиролбетон вспенивающийся (ПСВ). Технические условия». Пермь. 2013 г.
8. AzDTN 2.17-1 "Daş və armaturlanmış daş konstruksiyalar. Layihələndirmə normaları". Bakı 2016.
9. AzDTN 2.3-1 "Seysmik rayonlarda tikinti, layihələndirmə normaları". Bakı 2010.

STUDY OF ENERGY-EFFICIENT, ENVIRONMENTALLY FRIENDLY, BIO-SUSTAINABLE PROTECTIVE WALL STRUCTURES MADE OF POLYSTYRENE CONCRETE

Phd Rovshan Rzayev, Vladimir Okhotnikov, Valeh Aliyev, Arifa İskenderova, Nigar Qarayeva

Azerbaijan Scientific Research Institute of Construction and Architecture

Mirkarim Mammadov, Ramin Heydarov, Murad Tabrizli Fiberstone LLC

Summary: Studies have shown that one of the main directions for reducing the amount of energy consumed by buildings is the use of lighter, energy-efficient, and environmentally friendly wall materials in the construction of buildings and structures. In recent years, one such material that has been widely used in global construction practice is polystyrene concrete. The calculation and design of masonry structures made of polystyrene concrete blocks are not regulated by the current design standards in the Republic of Azerbaijan.

In scientific studies conducted worldwide, the resistance of polystyrene concrete protective walls to seismic loads has not been sufficiently studied, and regulatory documents have mainly been developed for non-seismic zones. The territory of the Republic of Azerbaijan is located in a region of high seismic intensity.

The article reviews the scientific research conducted worldwide on masonry structures, identifies the application areas of protective wall structures made of polystyrene concrete blocks and panels, defines the requirements for materials of protective walls made of polystyrene concrete, and investigates adhesive compositions for masonry using polystyrene concrete products. Methods for determining the physical and mechanical properties of blocks and mortar, their strength, and adhesion have been established; the compressive and tensile strength of the mortar and blocks, as well as the adhesion of the mortar to the blocks, have been determined.

The use of protective wall structures made of polystyrene concrete blocks in buildings to be constructed in the liberated territories of Karabakh and Eastern Zangezur, as well as in other regions of our country, can ensure the efficient organization of thermal protection of buildings, the use of green energy, and energy savings.

Keywords: low-rise buildings, load-bearing walls, self-supporting walls, non-load-bearing walls, strength, adhesion.

ÖZÜLLƏR VƏ BÜNÖVRƏLƏR, YERALTI QURĞULAR

UOT 372.8:62 DOI.org/ <https://doi.org/10.30546/3106-4817.2025.03.207>

QRUNTUN (ƏSASIN) MÖHKƏMLƏNDİRİLMƏSİNDƏ İSTİFADƏ EDİLƏN SVAYLARIN BÜTÖVLÜK VƏ YÜKGÖTÜRMƏ SINAĞININ TƏDQIQI

¹C.Ə.Camalov, ²Ş.H.Həsənov, ³A.H.Əhmədova¹Azərbaycan İnşaat və Memarlıq ETİ, ²“AzVirt” MMC-nin Qırğızstan filialı³Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteticesaret.camalov@gmail.com, shahin-hasanov@hotmail.com, aytenaxmedova@mail.ru¹ORCID ID- 0000-0002-5246-1744

Xülasə: Bina və qurğuların uzunmüddətli normal istismar şəraitinin təmini bu və ya digər siyasi sistemdən asılı olmayaraq bütün dövlətlərdə ən vacib məsələlərdən sayılmışdır və hal-hazırda da aktual problemlərdən olmaqdadır. Təbiətdə mövcud olan hər sahə inkişaf və dinamikada olduğu kimi insan fəaliyyətinin məhsulu olan bina və qurğular da obyektiv olaraq dəyişikliklərə məruz qalması və bir sıra amillərin təsiri səbəbindən zədələnmələr alması obyektiv həqiqətdir. Bina və qurğular üzərində dayandığı qrunnun (əsasın) bərkidilməsi məqsədilə istifadə edilən svayların keyfiyyətinin artırılması ilk növbədə dayanıqlılıq, uzunömürlülük kimi faktorlarla bağlıdır ki, bu da bina və qurğuların uzun müddət istismarı zamanı vacib praktiki əhəmiyyət daşıyır.

Açar sözlər: sıxılmada möhkəmlik həddi, dəmir-beton konstruksiyaları, dayanıqlılıq, uzunömürlülük, svay, qrunnun bərkidilməsi, svayın bütövlüyü, svayın yükdaşıma qabiliyyəti, statik sınaqlar, dinamik sınaqlar.

Giriş Məlumdur ki, respublikamızda xüsusilə Bakı, Qarabağ və Şərqi Zəngəzur iqtisadi rayonlarında aparılan iri tikinti-quraşdırma işlərinin həcmi və sürətli tikinti işlərinin aparılmasını nəzərə alaraq aidiyyəti dövlət orqanları tərəfindən müvafiq nəzarət işləri həyata keçirilir, lakin müxtəlif növ fiziki-mexaniki xassələrə malik olan qrunnların üzərində layihələndiriləcək tikililərin etibarlığının təmin olunması bəzi hallarda müxtəlif səbəblərdən düzgün qiymətləndirilmir. Məlum olduğu kimi bina və qurğuların təyinatını, konstruktiv və texnoloji xüsusiyyətlərini və onun istismar şəraitini xarakterizə edən məlumatlar da daxil olmaqla, inşası nəzərdə tutulan bina və qurğuların qrunn əsasının mühəndisi-geoloji şəraitinin öyrənilməsi tələb olunur. Belə ki, tikinti aparılacaq ərazinin geoloji şəraitinin öyrənilməsi məqsədilə mühəndis-axtəriş işlərinin aparılması ilə yanaşı bina və qurğuların qrunn əsaslarının və bünövrələrinin gücləndirilməsi üçün lazım olan məlumatların alınmasını təmin etməlidir.

Araşdırmalar zamanı məlum olmuşdur ki, layihə-smeta sənədlərinin bir çoxunda qrunnun fiziki-mexaniki xassələrindən asılı olaraq onun keyfiyyətinin artırılması tələb olunur. Lakin müəyyən səbəblərdən tikinti üçün yararsız hesab olunan qrunnlar bərkidilmədən üzərində yüksək mərtəbəli yaşayış, qeyri-yaşayış binaları və qurğuları inşa olunur. Bu da müəyyən zaman keçdikdən sonra həmin tikililərdə fəsadlar yaradır ki, nəticədə sahibkarlara və dövlət əmlakına ciddi ziyan vurmaqla yanaşı, orada yaşayan və çalışan insanların həyatını və əmlakını təhlükə altına alır [1, 7].

Tikinti işlərinə mərhələli nəzarət zamanı inşası nəzərdə tutulmuş tikilinin ekspertiza rəyini və bununla bağlı mövcud norma və qaydaların tələblərini əsas tutaraq, həmin tikilinin bünövrə çalasında həyata keçirilən nəzarət zamanı mühəndis-axtəriş işlərinin nəticələrindən asılı olaraq tikililərin əsas (bünövrəaltı) hissəsində olan svaylara (payalara) xüsusi diqqət yetirilməli, eləcə də ixtisaslaşdırılmış laboratoriyaların yoxlama-sınaq nəticələri tələb edilməlidir (AzDTN 2.15-2 “Svay bünövrələr. Layihələndirmə normaları” və s.). Qeyd olunan dəmir-beton qazma-tökmə svayların sıxılmaya və dartılmaya, statik və dinamik yüklənməyə dair sınaqları (testləri) isə bu sahədə akkreditasiyadan keçmiş və texniki imkanlara malik olan laboratoriyalar tərəfindən həyata keçirilməlidir. Belə ki, ölkədə olan laboratoriya-sınaq mərkəzlərinin konstruktiv qurğulara aid sınaq-təcrübə bazasını aşağı səviyyədə olmasını nəzərə alsaq, bu gün svayın müasir metodlara uyğun sınaqlarının detallı aparılması tam şəkildə yerinə yetirilmir. Dünyanın inkişaf etmiş

ölkələrində bu sahədə fəaliyyət göstərən laboratoriya-sınaq mərkəzlərinin nəzəri və təcrübə tədqiqatlarının tədqiq edilməsi aktual məsələdir [1].

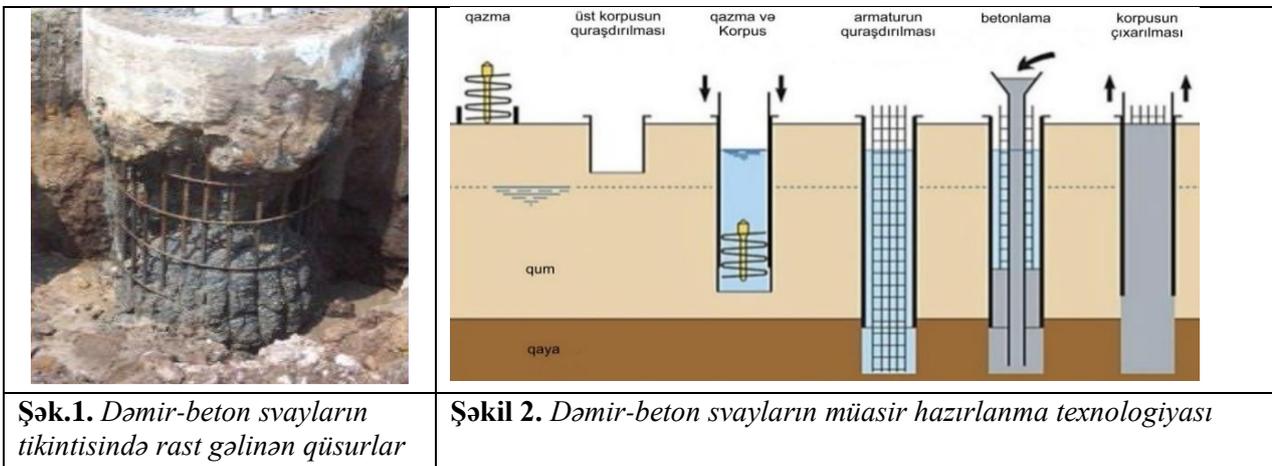
Svayın tikintisində olan qüsurların və ona qoyulan normativ tələblərin tədqiqi.

Son illərdə tikintilərin layihələndirilməsində istifadə olunan standartlara və memarlıq meyarlarına uyğun olaraq binaların təməl sistemlərinin seçilməsi böyük əhəmiyyət kəsb etmişdir. Bundan əlavə, xüsusilə böyük şəhər mərkəzlərində tikinti sahəsi tapmaq (torpaq sahəsi) zərurətinin artması səbəbindən bina və qurğuların hündürlüyü günü-gündən artır və bu da dərin təməl sistemlərinin tətbiqini məcbur edir. Qrunt əsasın yükdaşıma qabiliyyətinin və deformasiyalarının qiymətləndirilməsi müvafiq normativ sənədlərə uyğun binanın konstruktiv sisteminin hesablanması təyin edilmiş qrunt əsasa təsir edən qüvvələrə görə aparılmalıdır. [1] Belə ki, qruntun növündən, fiziki-mexaniki xassələrindən asılı olaraq, onun bərkidilməsi üçün svaylardan istifadə olunur.

Qazılmış və yerində tökmə dəmir-beton svayın ən çox istifadə olunan üsulu olmasına baxmayaraq, svayın tikintisi prosesində böyük çətinliklər və risklər vardır. Bu risklər subpodratçılar və nəzarət orqanları tərəfindən kifayət qədər nəzərə alınmazsa, həm əməyin mühafizəsi, həm də tikintinin keyfiyyəti və kəmiyyəti baxımından arzuolunmaz nəticələr yarana bilər.

Sıxlığı aşağı olan qruntun möhkəmləndirilməsi (kipləşdirilməsi) üçün istifadə edilən svayın bütövlüyünün və yükdaşıma qabiliyyətinin normalara uyğun olması, tikintidə vacib hesab edilən əsas şərtlərdəndir.

Bu sahədə risklərin qarşısını almaq üçün keyfiyyətə nəzarət və təminat proseduru müəyyən edilməli və ciddi şəkildə tədbirlər yerinə yetirilməlidir. Qazılmış və yerində tökmə dəmir-beton svayların tikintisi zamanı müəyyən qüsurlar yaranır. Bu qüsurlar svayın davamlılıq göstəricilərinə, eləcə də yük götürmə qabiliyyəti kimi mexaniki xüsusiyyətlərə təsir göstərə bilər. Tikinti zamanı baş verə biləcək çatlar və kəsilmələr də svayların gücünə və tutumuna təsir edir (şəkil 1).



Bu qüsurlar svay tökülən zaman üst strukturun əhəmiyyətli dərəcədə zədələnməsi və ya çökməsi ilə yaranır. Bünövrəaltı svaylar müasir texnologiyalara (şəkil 2) uyğun icra edildiyi halda etibarlı, uzunömürlü və keyfiyyətli quraşdırılması mümkündür [3].

Svayların keyfiyyətini qiymətləndirmək üçün müxtəlif üsullar vardır. Ümumi beton sınaqlarından (beton silindr nümunələri və çökmə testi) əlavə, svayların keyfiyyətini və etibarlılığını qiymətləndirmək üçün müxtəlif sınaq üsullarından istifadə edilir [3].

Svay bünövrələr üçün axtarışlarda svay bünövrələrin həddi-hallara görə hesablanması üçün zəruri olan fiziki, möhkəmlik və deformasiya xüsusiyyətləri təyin edilməlidir. Hər bir mühəndis-geoloji element üçün qrunt xassələrinin təyin olunma sayı DÜİST 20522-yə müvafiq olaraq onların statistik işlənmələri üçün kifayət qədər olmalıdır [5, 6].

Bina və qurğuların konstruksiyalarının hesablanması üçün çökən qruntlarda svay bünövrələrinin qeyri-bərabər çökməsinin təyin edilməsi, tikinti meydançasının hidrogeoloji şəraitinin proqnozlaşdırılan dəyişməsinin və hesablanan bünövrəyə və ya bütövlükdə qurğuya təsir

ehtimalına görə islatma mənbəyinin yerləşməsi və mümkün olan ən əlverişsiz növləri nəzərə alınmaqla yerinə yetirilməlidir.

Svay bünövrələri üçün mühəndis-axtarışların tərkibinə ümumilikdə aşağıda sadalanan kompleks işlər daxildir:

- nümunələrin götürülməsi və keçilə bilən qruntların təsvir edilməsi ilə quyuların qazılması;
- qruntların fiziki-mexaniki xassələrinin və yeraltı suların laboratoriya tədqiqatları;
- qruntların zondla tədqiq edilməsi - statik və dinamik;
- qruntların pressiometrik sınağı;
- süxurların şamplarla sınağı (statik yüklərlə);
- süxurların etalon svaylarla və (ya da) adi svaylar ilə sınaqdan keçirilməsi;
- svay bünövrələrin qurulmasının ətraf mühitə, o cümlədən yaxında yerləşən qurğulara (layihə təşkilatının xüsusi tapşırığı ilə) təsirinin tədqiqi üçün təcrübə işləri [2, 4, 6].

Tikinti obyektlərinin məsuliyyət səviyyəsindən və svay bünövrələrin növündən asılı olmayaraq, quyuların qazılması, laboratoriya tədqiqatları və statik, yaxud dinamik zondlama məcburidir. Bununla bərabər zondlamanın ən çox üstünlük verilən metodu statik metoddur və bu proses zamanı qruntların statik zondlamasından əlavə, radioaktiv karotaj (DÜİST 19912) vasitəsilə qrunzun sıxlığı və nəmliyi də təyin edilir [4].

Yeni konstruksiyalı svaylar tətbiq edilərkən (layihə təşkilatının xüsusi tapşırığı ilə) işlərin tərkibinə layihələndirmə zamanı təyin edilmiş ölçülərin və batırılma rejiminin dəqiqləşdirilməsi məqsədi ilə svayların sınaq yüklənməsi, həmçinin bu svayların statik yüklərin təsiri ilə adi şəraitdə sınaqdan keçirilməsi daxil edilməlidir. Kombinə edilmiş svay-tava bünövrələr tətbiq edilərkən işlərin tərkibinə qruntların şamplarla və adi svaylarla sınaqdan keçirilməsi daxil edilməlidir.

Pozulmamış strukturlu nümunənin götürülməsinin çətinliyini nəzərə alaraq, qumlar üçün onların sıxlığının və möhkəmlik xüsusiyyətlərinin təyin edilməsinin əsas metodu kimi, bütün məsuliyyət səviyyəli obyektlər üçün statik və dinamik zondlamayı nəzərdə tutmaq lazımdır. Zondlama III məsuliyyət səviyyəli obyektlər üçün həm qumlu, həm də gilli qruntların deformasiya modulunu təyin edilməsində əsas, eləcə də I və II məsuliyyət səviyyəli obyektlər üçün deformasiya modulunun (pressiometrik və şamplı sınaqlarla əlaqələndirmədə) təyin edilmə metodlarından biridir [6].

Çöl şəraitində (tikinti meydançasında) svayların bütövlüyünün və yükdaşıma qabiliyyətinin yoxlanılması üsullarının tədqiqi.

Respublikamızda qəbul olunmuş normalara əsasən çöl tədqiqatlarının nəticələrinə əsasən svayın yükdaşıma qabiliyyətinin göstəriciləri təhlil edilmiş və məlum olmuşdur ki, çöl şəraitində svayın yükdaşıma qabiliyyəti aşağıdakı üsullarla təyin oluna bilər:

- svayların statik sınaqları;
- svayların dinamik sınaqları, qruntların etalon svayla sınağı;
- qruntların statik zondlama ilə sınağı.

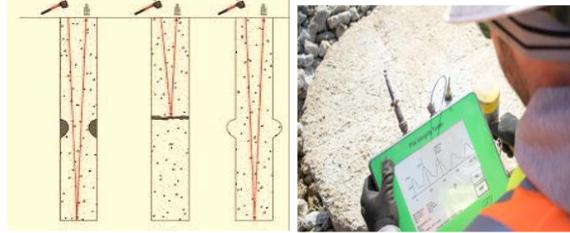
Svayın statik və dinamik yüklərlə və etalon svaylarla sınağını DÜİST 5686-nın, qruntların statik zondlanmasını isə DÜİST 19912-nin tələblərinə əsasən aparılmalıdır [4, 5, 6].

Dünyanın inkişaf etmiş ölkələrinin svayların bütövlüyü və yükdaşıma qabiliyyəti çöl şəraitində (tikinti meydançasında) yuxarıda qeyd olunan üsullar yanaşı müasir cihaz və avadanlıqların tətbiqi ilə aşağıda adlandırılan üsullarla təyin edilir:

- aşağı gərginlik təsiri ilə bütövlük sınağı ("sonik" əks-səda testi);
- svayların yükdaşıma qabiliyyətinin statik sınaqları ilə təyin edilməsi (Statik yükləmə sınağı);
- svayların yükdaşıma qabiliyyətinin və bütövlüyünün dinamik sınaqlar ilə təyin edilməsi.

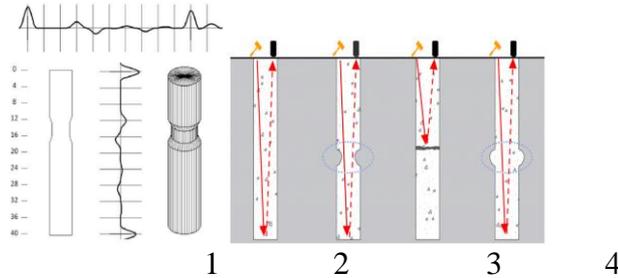
Respublikada, xüsusilə Bakı, Qarabağ və Şərqi Zəngəzur iqtisadi rayonlarında aparılan iri tikinti-quraşdırma işləri zamanı bina və qurğuların konstruktiv elementlərinin keyfiyyətini, dayanıqlığını, etibarlılığını və digər fiziki-mexaniki xassələrinin yoxlama-sınağını müasir texnologiyalarla həyata keçirmək üçün ölkə xaricindən dəvət olunmuş laboratoriya mərkəzlərinin apardıqları yoxlama sınaq işlərinin nəticələri tərəfimizdən tədqiq olunmuşdur.

Belə ki, aşağı gərginlik təsiri ilə bütövlük sınağı ("sonik" əks-səda testi)- svayların fiziki ölçülərinin, davamlılığının və materialının tutarlılığının keyfiyyətə qiymətləndirilməsi məqsədi ilə tətbiq olunur. Belə ki, bütövlüyünün yoxlanılması üsulu ilə aparılan sınaqlar tədqiq edilmiş və məlum olmuşdur ki, bu üsul layihə üzrə bütün növ svayların üzərində həyata keçirilə bilər (şəkil 3).



Şəkil 3. Svayların aşağı gərginlik təsiri ("sonik" əks-səda) ilə bütövlüyünün yoxlanılması üsulu

Sınaq yüksək həssas akselerometr, xüsusi təyinatlı yüngül sahə kompüteri və kiçik əl çəkicindən istifadə etməklə həyata keçirilir. Sınaq məlumatları svay bütövlük test cihazında toplanır və saxlanılır. Saxlanan məlumatlar sahədə sınaqçı mütəxəssisi tərəfindən qiymətləndirilir və xüsusi proqram təminatından istifadə edərək əlavə hesablama (ofis) təhlili aparılır. Svayda (xovda) qüsurlar varsa, cihaz vasitəsi ilə onun ölçüsü və yeri müəyyən edilə bilər (şəkil 4) [3].



Şəkil 4. Zərbə nəticəsində svaylarda yaranan dalğanın yayılması və qüsurların təyin edilməsi:
1-bütöv svay; 2-boğazlanmış svay (daxilə doğru sıxılıb daralma);
3 - böyük qüsurlu svay (çatlamış və ya qırılmış); 4 - qabarıq svay (yanlara doğru şişib genişlənmiş)

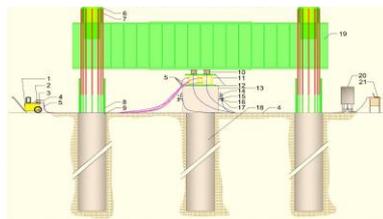
Statik yük sınağı, binanın tikintisindən əvvəl svayların yük daşıma qabiliyyətini təyin etmək üçün istifadə olunan yerində yük sınağıdır. Statik yük sınaqları, əksel (ox üzrə (üstədən, mərkəzdən)) gərginlik və ya əksel sıxılma yükü altında svayların yük-deformasiya davranışını qiymətləndirmək üçün aparılır (şəkil 5).

Statik yük sınaqları, tikinti keyfiyyətinin təmin edilməsi üçün layihə dizayn sınaqlarının, eləcə də əsas yük sınaqlarının ehtiyacına cavab vermək üçün ən müasir avadanlıqlarla təchiz edilmiş sistemlə həyata keçirilməlidir.

Tətbiq olunan yükün oxunuşları yük hüceyrəsi (yük sensoru) tərəfindən müəyyən edilir.

Svay başının hərəkəti rəqəmsal yığılma ölçmə cihazları ilə müəyyən edilir.

Bu məlumatları birləşdirərək, əksel yüklər altında tutum və yük ötürmə qabiliyyəti müəyyən edilə bilər (şəkil 6).



Şəkil 6. Statik yük altında svayların yük-deformasiyası davranışını qiymətləndirilməsi:
elektrik enerjisi təchizatı, 2 - təzyiqləyici, 3 - təzyiqləyici ötürücüsü, 4 - kabel, 5 - təzyiqləyici xəttinin şlanqı,
6 - polad reaksiya qapağı, 7 - bağlantı çubuğu, 8 - möhkəmləndirici armatur yığılı, 9 - svayın reaksiya yığılı;
10 - tenzodaçık; 11 - hidravlik domkrat; 12 - polad lövhə, 13 - svaya bərkidilmiş dəmir-beton rostverk,
14 - potensiometrlik yerdəyişmə sensoru (çeviricisi), 15 - maqnit stend, 16 - istinad lövhəsi, 17 - istinad şüası,
18 - sınaq (test) svayı, 19 - reaktiv şüa, 20 - məlumat qeydçisi, 21 - kompüter.

Dinamik yük sınağı, binanın tikintisindən əvvəl svayların yükdaşıma qabiliyyətini və bütövlüyünü yerində təyin etmək üçün istifadə olunan yük testidir. Metod etibarlıdır və statik yük testləri ilə müqayisədə svay tutumunu tez bir zamanda qiymətləndirməyə kömək edir. Layihənin tələbinə uyğun olaraq gündə bir və ya daha çox svay sınaqdan keçirilə bilər (şəkil 7) [3].



Şəkil 5. Statik yük altında svayların deformasiyası



Şəkil 7. Svayların dinamik yük sınağı

Svayların dinamik yüklənmə sınağını müəyyən etmək üçün, düşən çəkinin təsirləri altında qüvvə və sürət məlumatlarını toplayaraq təhlil edilməsi Svay Sürən Analizatorun (SSA) köməyi ilə həyata keçirilir. Sahə məlumatları qrunt parametrlərini və fərziyyələri dəqiqləşdirmək üçün Svay Dalğa Analizindən istifadə etməklə əlavə təhlil edilir [3].

Nəticələr

1. Respublikamızda qəbul olunmuş normaların tələblərinə uyğun olaraq svayın yükdaşıma qabiliyyətinin göstəricilərinin (çöl tədqiqatlarının) sınaq nəticələri ilə dünyanın inkişaf etmiş ölkələrinin (Türkiyə, ABŞ, İngiltərə, Yaponiya, Çin, Avropa ölkələri və s.) sınaq nəticələri müqayisəli təhlil edilmiş və məlum olmuşdur ki, bu üsulların (üsul və avadanlıq baxımından) oxşar və fərqli cəhətləri var. Hal-hazırda Respublikamızda tətbiq edilən üsullar və həmin üsullarda istifadə edilən cihaz və avadanlıqlar texniki imkanlarına (texniki tələblərinin çox funksiyalı olması) görə dünyanın inkişaf etmiş ölkələrindən çox geridə qalır.
2. Respublika ərazisində inşası nəzərdə tutulan bina və qurğuların mühəndisi-geoloji şəraitini, konstruktiv elementlərinin keyfiyyətini, dayanıqlığını, digər fiziki-mexaniki xassələrinin uzunömürlüyünü və etibarlılığını təmin etmək üçün mütləq müasir texnologiyalardan istifadə edilməsi və vaxtı-vaxtında yoxlama-sınaq işlərinin yerinə yetirilməsi vacibdir.
3. Svayların aşağı gərginlik təsiri ("sonik" əks-səda) ilə bütövlüyünün yoxlanılması üsulu ilə aparılan sınaqlar tədqiq edilmiş və məlum olmuşdur ki, bu üsul layihə üzrə bütün növ svayların üzərində həyata keçirilə bilər. Bu üsulla svayların bütövlüyü barədə texniki məlumatları dağıdıcı təsir olmadan yüksək keyfiyyətlə əldə etmək mümkündür.
4. Svayların statik yük sınaqları, əksel (üstdən, mərkəzdən ox üzrə) gərginlik və ya əksel sıxılma yükü altında svayların yük-deformasiya davranışını qiymətləndirmək üçün aparılır. Tətbiq olunan yükün oxunuşları yük hüceyrəsi (yük sensoru) tərəfindən müəyyən edilir. Svay başının hərəkəti rəqəmsal yığım ölçmə cihazları ilə müəyyən edilir.
5. Svayların dinamik yüklənmə sınağını müəyyən etmək üçün, düşən çəkinin təsirləri altında qüvvə və sürət məlumatlarını toplayaraq təhlil edilməsi Svay Sürən Analizatorun (SSA) köməyi ilə həyata keçirilir.

Ədəbiyyat

1. AzDTN 2.15-2 "Svay bünövrələri. Layihələndirmə normaları", // Bakı, 2015-ci il, səh.75.
2. AzDTN 2.15-1 "Bina və qurğuların qrunt əsasları" Azərbaycan Respublikasının Dövlət Şəhərsalma və Arxitektura Komitəsi Bakı, 2015-ci il, səh. 81.
3. Camalov C.Ə. Müasir tikinti texnikasının əsasları, // Monoqrafiya. Bakı: 2023, s. 75-106.
4. DÜİST 19912-2001 Qruntlar. Dinamiki və statiki zond ilə çöl şəraitində sınaq üsulları.
5. DÜİST 20522-96 Qruntlar. Sınaq nəticələrinin statik hesablama üsulları.
6. Svay bünövrələri. Layihələndirmə normaları. Dövlət Şəhərsalma və Arxitektura Komitəsinin Kollegiyasının 15 aprel 2015-ci il tarixli 02№-li qərarı ilə təsdiq edilmişdir. s.4-26.

7. Jamalov J.A. Research on solidity and longevity of monolithic concrete, // Structural engineering international. International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE), Volume 22, Number 8, July 2015 ISSN 1016-8664, E-ISSN 1683-0350 Impactor Factor – 0.622, Switzerland: 2015 p.112-123.

STUDY OF INTEGRITY AND BEARING CAPACITY TESTS OF PILES USED FOR SOIL (FOUNDATION) STRENGTHENING

¹J.A.Jamalov, ²Sh.H.Hasanov, ³A.H.Ahmedova

¹Research Institute of the Azerbaijan Architecture and Construction, ² Kyrgyz branch of AzVirt LLC,

³Azerbaijan University of Architecture and Construction

cesaret.camalov@gmail.com, shahin-hasanov@hotmail.com, aytenaxmedova@mail.ru

Summary: Ensuring long-term normal operating conditions for buildings and structures has been considered one of the most important issues in all countries, regardless of one or another political system, and it remains a pressing problem today. It is an objective truth that, just as every area in nature is subject to development and dynamics, buildings and structures that are products of human activity are also subject to objective changes and damage due to the influence of a number of factors. Improving the quality of piles used to reinforce the soil (foundation) on which buildings and structures rest is primarily related to factors such as durability and longevity, which are of important practical importance during the long-term operation of buildings and structures.

Keywords: compressive strength limit, reinforced concrete structures, durability, longevity, pile, soil consolidation, pile integrity, pile load-bearing capacity, static tests, dynamic tests.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПЫТАНИЙ НА ЦЕЛОСТНОСТЬ И НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ СВАЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТА (ОСНОВАНИЯ)

¹Д.А.Джамалов, ²Ш.Г.Гасанов, ³А.Г.Ахмедова

¹Азербайджанский НИИ Строительства и Архитектуры, ²Кыргызский филиал ООО «АзВирт»,

³Азербайджанский Архитектуры и Строительства Университет

cesaret.camalov@gmail.com, shahin-hasanov@hotmail.com, aytenaxmedova@mail.ru

Аннотация: Обеспечение долгосрочной нормальной эксплуатации зданий и сооружений является одним из важнейших вопросов для всех стран, независимо от политической системы, и остается актуальной проблемой. Объективной истиной является то, что, как и любая территория в природе подвержена развитию и динамике, так и здания и сооружения, являющиеся продуктами деятельности человека, также подвержены объективным изменениям и повреждениям из-за влияния ряда факторов. Повышение качества свай, используемых для укрепления грунтов (оснований), на которых покоятся здания и сооружения, в первую очередь связано с такими показателями, как прочность и долговечность, которые имеют важное практическое значение при длительной эксплуатации зданий и сооружений.

Ключевые слова: предел прочности при сжатии, железобетонные конструкции, прочность, долговечность, свая, консолидация грунта, целостность свай, несущая способность свай, статические испытания, динамические испытания.

УДК 624.04

DOI.org/https://doi.org/10.30546/3106-4817.2025.03.210

ПОДТВЕРЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ИДЕЙ К.ТЕРЦАГИ В МЕХАНИКЕ И ФИЗИКЕ СТРУКТУРНО-НЕУСТОЙЧИВЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ*к.т.н. Габитов Ф.Г. член Ученого совета АзНИИСА, E-mail: farchad@yandex.ru*

Аннотация: Научное наследие, оставленное профессором К.Терцаги, до сих пор вызывает интерес у ученых геотехников по части доскональной проверки выдвинутых им гипотез и экспериментально проверить их актуальность. Автором разработан новый способ и прибор для более простого и точного исследования «чувствительности» глин при усадке на одном и том же образце грунта. Данный параметр для исследования предложен в монографии К.Терцаги. Исследования показали, что нарушение структуры глинистого грунта связано с разрушением их цементационных связей, которые образуются в процессе длительного генезиса. Испытания природных глинистых грунтов в режиме уплотнение-набухание в исследованиях К.Терцаги показали, что при отсутствии бокового расширения кривая набухания имеет форму логарифмической кривой, а модуль упругости для набухания уменьшается прямо пропорционально внешней нагрузке. Исследования показали, в различных мономинеральных глинах уже на 4-5 цикле испытания глин в режиме сжатие-набухание получается постоянная равновесная петля гистерезиса. Проведенные экспериментальные и модельные исследования усадки глинистых грунтов при высыхании показали, что напряжения сжатия в глинах различного минерального состава полностью соответствуют капиллярной теории, примененной К.Терцаги к глинистым грунтам. Перспективность температурно-влажностной аналогии, предложенная К.Терцаги для исследования напряженно-деформированного состояния глинистых грунтов, оказалась очень актуальной. Этот метод широко использован автором при исследовании напряженно-деформированного состояния набухающих глинистых грунтов. В разработанном методе вместо температурного потенциала используется энергетический источник увеличивающегося влагосодержания, представленного как энергоактивная вода, физико-химически проявляющая себя в единице объема набухающего глинистого грунта за единицу времени. После полевых исследований и получения графиков подъема дна котлована и зависимости глубины замочки грунта от времени замачивания были проведены расчеты по методу прогноза набухания глинистой толщи, предложенного К.Терцаги и методу численного интегрирования, предложенного автором. Разность результатов отличалась всего 9%, что показывает практическую эффективность метода К.Терцаги.

Ключевые слова: набухание, усадка, глинистый грунт, вода, метод, аналогия, нагрузка, прогноз, К.Терцаги.

1. Введение

Научное наследие, оставленное К.Терцаги вызывает интерес к ученым геотехников по части доскональности выдвинутых им гипотез и экспериментально проверить их актуальность.

В настоящее время у многих исследователей - геотехников вызывает восхищение комплексный подход К.Терцаги к исследованию свойств грунтов. Объектом его теоретических и практических интересов являлась проблемы инженерной геологии, механики грунтов и гидротехники [1,2,3,4].

Профессор К.Терцаги отмечал, что степень различия между проведением естественного грунта в полевых условиях и его теоретическим поведением может быть определена путем познания природы. Теоретические основы механики грунтов не только знакомят инженеров с наиболее распространенными способами расчета, но и имеют большое воспитательное значение. Полное отделение теории от ее применения позволяет легче усвоить условия, при которых действительны различные воображаемые процессы, известные в качестве теорий. Для практического применения теории необходимо глубокое знание физических свойств

естественных грунтов в лабораторных и полевых условиях, в противном случае инженер не в состоянии оценить порядок величины ошибок, присущих численным результатам.

Предложенные К.Терцаги методы использования основ капиллярной теории, физико-химической механики поверхностных явлений и термодинамики грунтов нашли свое широкое применение и практическую пользу при выявлении и прогнозе напряженно-деформированного состояния при различных внешних воздействиях на грунтовые массивы.

2. Разработка нового метода и исследование «чувствительности» набухающих глинистых грунтов

Впервые термин, отражающий чувствительность структурных связей (sensitivity) предложен К.Терцаги. Здесь в целях дифференциации понятий выделяют: 1) чувствительность из опыта на раздавливание, характеризующийся коэффициентом структурной прочности; 2) чувствительность из опыта на сдвиг.

Нарушение природных структурных связей в глинистых грунтах, как правило, приводит к увеличению набухания.

Ж.Н.Schmetmann [5] для обозначения явления повышения набухания глин вследствие многократного повторения значительных деформаций сдвига при механическом перемятении глинистых грунтов предложил термин «чувствительность» набухающих глин. Величина этой «чувствительности» выражается отношением показателей набухания глины с нарушенным ($\delta_{Ннар}$) и ненарушенным (δ_H) сложением, т.е.

$$K_c = \delta_{Ннар} / \delta_H . \quad (1)$$

Е.А.Снежкин и Р.С.Зиангиров [6] отмечают, что в некоторых глинах с высокой прочностью внутренних связей нарушение структуры приводит к увеличению набухания в 3-20 раз.

К сожалению, ни в одной из опубликованных исследований по изучению «чувствительности» набухающих глин не указывается на то, как достигалось равенство начальных плотностей образцов в естественном и нарушенном состоянии.

Ф.Г.Габиров [7] разработал усовершенствованную методику исследования «чувствительности» набухающих глинистых грунтов на разработанном специальном приборе (рис. 1). Этот прибор включает составное кольцо 1 с образцом грунта 2, чашку 3, на дно которой устанавливается проницаемый поддон 4, штамп-поршень 5 с выступающим за пределы верхнего края кольца 1 буртиком 6 и индикатор часового типа 7. При испытании на набухание образца вода 8 заливается в чашку 3.

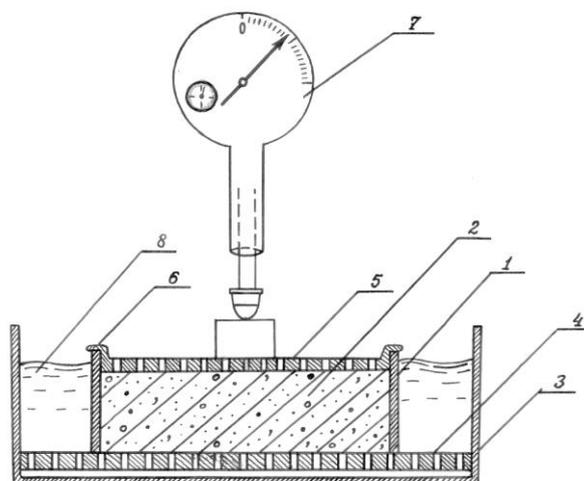


Рис. 1. Прибор для исследования «чувствительности» набухающих глинистых грунтов:
1 – составное кольцо; 2 – образец грунта; 3 – чашка; 4 – поддон; 5 – штамп-поршень;
6 – буртик; 7 – индикатор часового типа; 8 – вода

При отборе структурно-ненарушенного образца в кольцо этот образец получает строго заданную цилиндрическую форму, заданную отборным кольцом размера. После испытания структурно-ненарушенного образца вода из чашки 3 сливается, снимается с прибора индикатор 7 и поршень 5. Затем при помощи специальной спицы производится рыхление образца в кольце 1, после чего под давлением на структурно-разрушенный образец устанавливается штамп-поршень 5 и задавливанием до упора его буртика 6 в верхний край кольца. В этом состоянии временно принудительно штамп-поршень 5 удерживается на образце 2 до установки на нем индикатора 7. После этого в чашку 3 снова заливается вода 8, принудительное удерживание штампа-поршня 5 прекращается и происходит набухание структурно-нарушенного образца глинистого грунта.

Как видно на вышеуказанном несложном приборе по предложенной методике наиболее просто достигается заданная исходная плотность глинистого набухающего грунта. Причем испытания в ненарушенном и нарушенном состояниях производятся на одном и том же образце грунта, а это позволяет повысить корректность результатов испытания набухающих глинистых грунтов на «чувствительность».

Исследование «чувствительности» набухающих грунтов показали, что в строительной практике рекомендуется по возможности не нарушать естественную структурную прочность набухающих глинистых массивов, используя тем самым инженерно-позитивный ресурс самого грунта.

3. Использование температурно-влажностной аналогии при теоретическом описании деформаций и энергетике набухания глинистых грунтов

Перспективность температурно-влажностной аналогии, предложенная К.Терцаги для исследования напряженно-деформированного состояния глинистых грунтов, оказалась очень актуальной.

На рис. 2 показаны в последовательности все циклы сжатия-набухания до выхода системы на постоянную петлю гистерезиса для гидрослюдистой хвалынской глины.

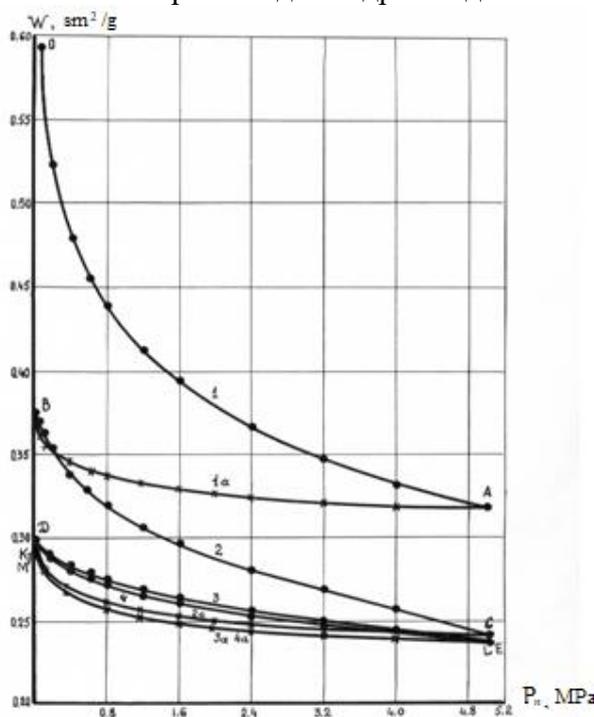


Рис.2. Многоцикловое компрессионное уплотнение пасты хвалынской глины до стадии механического равновесия (постоянная петля гистерезиса сжатие-набухание):

1, 2, 3, 4 – последовательные ветви компрессии;
1a, 2a, 3a, 4a – последовательные ветви декомпрессии

На 4-ом цикле указанная глина вышла на постоянную петлю гистерезиса. Указанные циклы согласно рис.2 описываются следующим образом:

$$1 \text{ цикл} - \int_0^A \frac{dW}{P_n} + \int_A^B \frac{dW}{P_{n_0}} \neq 0; \quad (2)$$

$$2 \text{ цикл} - \int_B^C \frac{dW}{P_n} + \int_C^D \frac{dW}{P_{n_0}} \neq 0; \quad (3)$$

$$3 \text{ цикл замкнутая петля гистерезиса} - \int_D^E \frac{dW}{P_n} + \int_E^K \frac{dW}{P_{n_0}} = 0; \quad (4)$$

$$4 \text{ цикл замкнутая постоянная петля гистерезиса} - \int_K^L \frac{dW}{P_n} + \int_L^M \frac{dW}{P_{n_0}} = 0. \quad (5)$$

Выход на замкнутую петлю гистерезиса позволяет применить к исследуемому объекту методы равновесной термодинамики.

Исходя из полученных графиков (рис. 2), будем считать, что q есть функция состояния глинистого грунта. Изменение зависит от начальных и конечных точек и не зависит от формы пути, тогда бесконечно малое изменение dq является полным дифференциалом при бесконечно малом изменении параметров: влагосодержания (W); объёма глинистого грунта (V); плотности глинистого грунта (Δ); массы глинистого грунта (m); модуля разности внешнего давления и давления набухания глинистого грунта ($|P|=P_n - P_H$):

$$dq = \frac{\partial q}{\partial |P|} d|P| + \frac{\partial q}{\partial \Delta} d\Delta + \frac{\partial q}{\partial W} dW + \frac{\partial q}{\partial V} dV + \frac{\partial q}{\partial m} dm, \quad (6)$$

т.к. приведенные диаграммы отображают замкнутые процессы, поэтому

$$\oint dq = 0. \quad (7)$$

Для изотермического процесса набухания глинистых грунтов в равенстве (6) параметры W , Δ и m заменим выражением потенциала влаги Φ , предложенный К.Л.Бебок [8], который по аналогии с химическим потенциалом представляет собой частную производную от внутренней энергии грунтовой системы по массе жидкого компонента.

При изложении первого и второго законов энергоэнтропии для изотропного влагоупругого набухающего глинистого грунта вместо теплового потенциала предложено использовать удельная мощность (количество энергоактивной воды, физико-химически проявляющая себя в единице объёма набухающего глинистого грунта за единицу времени) источников увлажнения.

Пусть набухающий глинистый грунт в исходном недеформированном состоянии имеет влажность $W_0 - const$. Предполагаем, что приращение влажности глинистого грунта $W - W_0$ является таким, при котором чисто набухание $\int_{W_0}^W \alpha dW$, где α – истинный коэффициент

линейного набухания глинистого грунта, имеет величину одного порядка малости по сравнению с ε_{ij} .

Это предположение не противоречит основным положениями линейной теории упругости о малости деформаций и позволяет отказаться от ограничения $(W - W_0)/W_0 \ll 1$.

4. Прогнозирование набухания глинистого основания при его поверхностном увлажнении

Из известных методов прогноза набухания глинистой толщи наибольший интерес вызывает метод, разработанный К.Терцаги [4], который исходит из предположения, что

фильтрующая толща глинистых пород на глубину H пропитана водой, находящейся под отрицательным напором P_1 , дающим избыточное давление:

$$u = -P_1 \cdot \gamma_w, \quad (8)$$

а ниже эта толща подстилается непроницаемыми породами.

При замачивании поверхности возникает инфильтрация и давление $u(k, t)$ начинает убывать, следуя закону, устанавливаемому дифференциальным уравнением

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \quad (9)$$

где

$$a^2 = \frac{K_\phi(1 - \beta_0)}{\gamma_w a_{vs}}; \quad (10)$$

K_ϕ – коэффициент фильтрации грунта; β_0 – начальный коэффициент пористости грунта; a_{vs} – коэффициент набухания глинистого грунта; t – время; x – глубина; $\gamma_w = 1 \text{ г/см}^3$.

После некоторых математических операций К.Терцаги получает величину набухания на поверхности грунтового основания толщиной H

$$\Delta V = \int_0^H \Delta \beta dx = \frac{a_{vs}}{1 + \beta_0} \left(P_1 H - \int_0^H u dx \right). \quad (11)$$

Авторы провели прогнозирование набухания глинистого основания, исследованного в полевых условиях на трассе Самур-Апшеронского канала методом численного интегрирования уравнения консолидации (9). Результаты расчетов, проведенных методами К.Терцаги и метода, разработанным авторами, очень близки и соответствуют результатам полевых исследований.

5. Экспериментально-теоретическое обоснование капиллярной природы развития усадочных напряжений глинистых грунтов

Теория, объясняющая явление усадки дисперсных систем впервые дана Р.Зигмонди [9] в применении к гелям, впоследствии эта теория К.Терцаги [1] была применена к грунтам. Теория Р.Зигмонди основывается на законах капиллярности, в связи с чем и получила название «капиллярной».

К.Терцаги [1] отождествляет процесс усадки глинистых грунтов с их уплотнением под давлением внешней нагрузки. Он считает, что «на глину, сжимающуюся от высушивания, не действует никакая другая внешняя сила, кроме поверхностного натяжения воды в капиллярных порах, и оно (капиллярное давление) играет ту же роль, как давление при механическом уплотнении. Если есть разница, то она только в том, что при компрессии нагружение происходит так, как мы хотим, тогда как при усадке, вызываемой испарением, достигается точка, ниже которой объём глины остается постоянным».

Пользуясь экспериментальными исследованиями деформаций двухфазных глин при различных внешних воздействиях и пользуясь разработанной Л.И.Кульчицким и О.Г. Усъяровым [10] моделью глины, отражающей кристаллохимическую специфику коагуляционной ее структуры на микроуровне на основе капиллярной теории проведем оценку напряжений, возникающих при усадке глин.

В общем случае давление, обусловленное кривизной поверхности любой формы, выражается уравнением Лапласа

$$P_k = \sigma \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right), \quad (12)$$

где σ – поверхностное натяжение жидкости; r_1 и r_2 – главные радиусы кривизны для данного элемента поверхности.

Исходя из (12) выражение для капиллярных сил обычно получают при рассмотрении сжатия сферической капли жидкости с радиусом сферы r и поверхностным натяжением σ

$$P_k = \frac{2\sigma}{r} . \quad (13)$$

Если поверхность жидкости цилиндрическая (что обычно реализуется при заполнении плоскопараллельных щелей), то, согласно И.Ф.Ефремову [11]

$$P_k = \frac{\sigma}{r} , \quad (14)$$

где r – радиус цилиндра.

Капиллярное давление P_k , возникающее в макропорах коагуляционных глинистых структур на пределе их нормальной усадки, оценивали по формуле аналогичной формуле (14):

$$P_k = \frac{\sigma}{r_m} \quad (15)$$

где σ - поверхностное натяжение воды, равное при 20⁰C ~ 73 дин/см; r_m - радиус макропор по принятой модели двухфазной глины;

$$r_m = 0,5d ; \quad (16)$$

d – диаметр макропор (см. рис. 3). Согласно схеме, приведенной на рис.3, для объяснения геометрии изменения микро и макропор в модели в процессе усадки двухфазной глины $d = b - c$, значения c определяли из зависимости $c/b(n_0)$, где n_0 – общая пористость глины, согласно рис. 4 для величин n_0 , соответствующих пределу нормальной усадки глин.

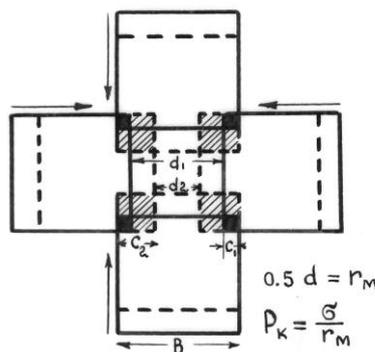


Рис. 3. Схема для объяснения геометрии изменения микро и макропор в плоскости ХОУ модели в процессе уплотнения двухфазной глины

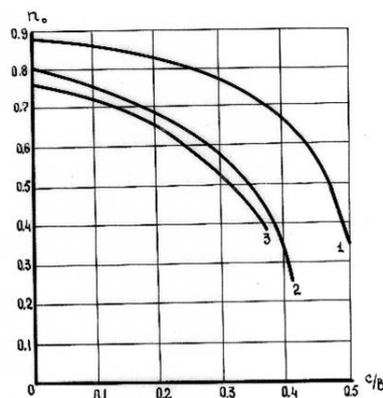


Рис. 4. Зависимость общей пористости мономинеральных глинистых паст от показателя перекрытия наружных базисов микроагрегатов: 1 – Са-монтмориллонит; 2 – Са-гидрослюда; 3 – Na- каолинит

На пределе нормальной усадки величины n_0 для Са – монтмориллонита, Са – гидрослюда и Na – каолинита составили, соответственно: 0,45; 0,25; 0,385. Проведенные расчеты показали, что при этом для Са - монтмориллонита $r_m = 15 \text{ \AA}$ и, соответственно, $P_k = 48,6 \text{ МПа}$;

для Са- гидрослюда $r_m = 90 \text{ \AA}$; $P_k \approx 8 \text{ МПа}$; для Na – каолинита $r_m = 140 \text{ \AA}$, $P_k = 5,2 \text{ МПа}$. Приведенные выше, а также на рис. 5, результаты исследования усадки двухфазных эталонных глин, полученные путем расчета по модели глины, практически совпадают с результатами полученными К. Терцаги [1].

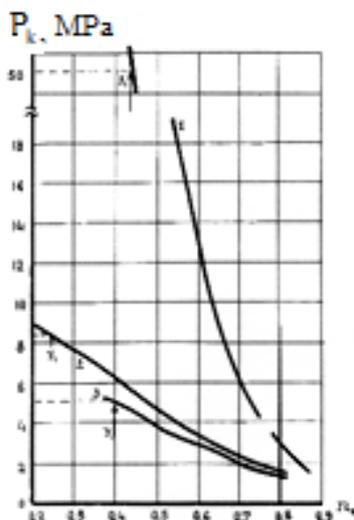


Рис. 5. Зависимость усадочного напряжения (капиллярного давления), возникающего в макропорах двухфазных глинистых грунтов в процессе их усадки при высушивании от величины их общей пористости:

1 - Са-монтмориллонит; 2 - Са-гидрослюда; 3 - Na-каолинит.

Заклучение

1. Разработан новый метод и устройство для исследования «чувствительности» набухающих глинистых грунтов, позволяющий определять эту характеристику путем проведения испытаний на одном образце;
2. На основе использования температурно-влажностной аналогии разработан эффективный метод описания деформаций и энергетики набухания глинистых грунтов;
3. Результаты полученные разработанным авторами методом прогнозирования набухания глинистого основания численным интегрированием уравнения консолидации практически близки к результатам полученным по методу К.Терцаги и соответствуют результатам полевых исследований;
4. Экспериментальные и теоретические исследования авторов по известной модели глины Л.И.Кульчицкого-О.Г.Усыярова позволили обосновать капиллярную природу развития усадочных напряжений глинистых грунтов.

Литература

1. Терцаги К. Строительная механика грунтов. Москва: Госстройиздат, 1933, 392 с.
2. Терцаги К. Инженерная геология. Ленинград-Москва: ОНТИ НКТП СССР, 1935, 452 с.
3. Терцаги К., Пек Р. Механика грунтов в инженерной практики. Москва: Госстройиздат, 1958, 607 с.
4. Терцаги К. Теория механики грунтов. Москва: Госстройиздат, 1961, 507 с.
5. Schmetmann J.H. Swell sensitivity. "Geotechnique", 19, №4, 1969.
6. Снежкин Б.А., Зиангиров Р.С. Оценка структурных связей глинистых грунтов. В книге: «Инженерно-геологическая характеристика грунтов и процессы в них», Москва, 1985, с.3-11.
7. Габибов Ф.Г. Теория и практика улучшения свойств структурно-неустойчивых глинистых грунтов при решении геотехнических и инженерно-геоэкологических проблем. Баку: Издательство «Элм», 2011, 422 с.
8. Бебок К.Л. Термодинамика воды в почве. В книге: «Термодинамика почвенной влаги», Ленинград: Гидрометеиздат, 1966, с.302-323.
9. Zsigmondy R. Zeitschrift für anorganische chemie/ 71, 356, 1911.
10. Кульчицкий Л.И., Усыяров О.Г. Физико-химические основы формирования свойств глинистых пород. Москва: «Недра», 1981, 180 с.
11. Ефремов И.Ф. Периодические коллоидные структуры. Ленинград: «Химия», 1971, 192 с.

STRUKTUR CƏHƏTDƏN QEYRİ-SABİT GİL QRUNTLARININ MEXANİKASINDA VƏ FİZİKASINDA K.TERZAGININ İDEYALARININ TƏSDİQLƏNMƏSİ VƏ İNKİŞAFI
tex. üzrə f.d. Həbibov F. H. Azərbaycan İnşaat və Memarlıq ETİ-nin Elmi şurasının üzvü

Xülasə: Professor K.Terzəginin qoyduğu elmi irs hələ də geotexniki alimlərin onun irəli sürdüyü fərziyələrin hərtərəfli yoxlanılması və onların aktuallığını eksperimental olaraq yoxlamaq baxımından marağına səbəb olur. Müəllif eyni qrunnt nümunəsində büzülmə zamanı gillərin "həssaslığının" daha sadə və daha dəqiq öyrənilməsi üçün yeni bir metod və cihaz hazırladılar. Tədqiqat üçün bu parametrlər K.Terzəginin monoqrafiyasında təklif edilmişdir. Tədqiqatlarımız göstərdi ki, gil qrunntunun quruluşunun pozulması onların uzunmüddətli genezis prosesində əmələ gələn sement bağlarının məhv edilməsi ilə əlaqədardır. Sızdırmazlıq-şişkinlik rejimində təbii gil torpaqlarının sınaqları K.Terzəginin tədqiqatlarında göstərdi ki, yanal genişlənmə olmadıqda şişlik əyrisi loqarifmik əyri şəklindədir və şişkinlik üçün elastiklik modulu xarici yükə birbaşa nisbətə azalır. Tədqiqatlarımız göstərdi ki, müxtəlif monomineral gillərdə onsuz da sıxılma-şişkinlik rejimində 4-5 gil test dövrü ərzində sabit bir tarazlıq histerez döngəsi əldə edilir. Qurutma zamanı gil torpaqların büzülməsinin eksperimental və model tədqiqatları göstərdi ki, müxtəlif mineral tərkibli gillərdəki sıxılma qərqinlikləri K.Terzəginin gil qruntlara tətbiq etdiyi kapilyar nəzəriyyəyə tam uyğundur. K.Terzəginin gil qruntların gərginlik-deformasiya vəziyyətini öyrənmək üçün təklif etdiyi temperatur və rütubət bənzətməsinin perspektivləri çox aktual idi. Bu metod müəllif tərəfindən şişmiş gil qruntların gərgin-deformasiya vəziyyətini öyrənmək üçün geniş istifadə olunur. İnkişaf etmiş metodda, temperatur potensialı əvəzinə, zaman vahidi üçün şişmiş gil torpaq həcmində fiziki və kimyəvi cəhətdən özünü göstərən enerji aktiv su kimi təqdim olunan artan nəmin enerji mənbəyi istifadə olunur. Sahə araşdırmalarından və çuxurun dibinin qaldırılması və qrunntun islatma dərinliyinin vaxtdan asılılığının qrafiklərindən sonra hesablamalar K.Terzəginin təklif etdiyi gil təbəqəsinin şişməsinə proqnozlaşdırma metodu və müəllif tərəfindən təklif olunan ədədi inteqrasiya metodu ilə aparılmışdır. Nəticələr arasındakı fərq yalnız 9% ilə fərqlənirdi ki, bu da K.Terzəgi metodunun praktik effektivliyini göstərir.

Açar sözlər: şişkinlik, büzülmə, gil torpaq, su, metod, bənzətmə, yük, proqnoz, K.Terzəgi.

CONFIRMATION AND DEVELOPMENT OF K.TERZAGHI'S IDEAS IN THE MECHANICS AND PHYSICS OF STRUCTURALLY-UNSTABLE CLAY SOILS

Ph.d. Gabibov F.G. Azerbaijan Scientific-Research Institute for Construction and Architecture

Summary: The scientific legacy left by professor K.Terzaghi continues to attract the attention of geotechnical scientists, who seek to rigorously test the hypotheses he proposed and experimentally verify their relevance. The author developed a new method and device for simpler and more accurate research on the "sensitivity" of clays during swelling on the same soil sample. This parameter for investigation was proposed in K.Terzaghi's monograph. Our research has shown that the destruction of clay soil structure is associated with the breakdown of cementing bonds that form during prolonged genesis. Tests of natural clay soils under the compression-swelling mode in K.Terzaghi's studies showed that in the absence of lateral expansion, the swelling curve takes the form of a logarithmic curve and the modulus of elasticity for swelling decreases in direct proportion to the external load. Our studies have shown that in various monomineralic clays, a constant equilibrium hysteresis loop is formed by the 4-5th test cycle in the compression-swelling mode. Experimental and model studies of clay soil shrinkage during drying showed that compression stresses in clays of different mineral compositions fully correspond to the capillary theory, as applied by K.Terzaghi to clay soils. The prospective temperature-moisture analogy proposed by K.Terzaghi for studying the stressed-deformed state of clay soils has proven to be very relevant. This method has been widely used by the author in studies of the stressed-deformed state of swelling clay soils. In the developed method, instead of the temperature potential, an increasing moisture content energy source is used, represented as energy-active water that physically and chemically manifests itself in the unit volume of swelling clay soil over time. The field studies and the construction of graphs for the settlement of the pit floor and the dependence of soil saturation depth on soaking time allowed perform the calculations using the swelling prediction method proposed by K.Terzaghi and the numerical integration method proposed by the author. The difference in results was only 9% that demonstrates the practical effectiveness of K.Terzaghi's method.

Keywords: swelling, shrinkage, clay soil, water, method, analogy, load, prediction, K.Terzaghi.

TİKİNTİ MATERİALLARI

UOT:624.012.31.4; 69.059 DOI.org/https://doi.org/10.30546/3106-4817.2025.03.212

ƏYİLƏN DƏMİR-BETON ELEMENTLƏRİN BAZALT VƏ ŞÜŞƏ LİFLİ KOMPOZİT MATERİALLARLA GÜCLƏNDİRİLMƏSİNİN SINAQ NƏTİCƏLƏRİNİN TƏHLİLİ

*tex.üzrə f.d. Yusifov N.R.¹, elmi işçi Yusifov Y.N.², baş mütəxəssis Hüseynov R.R.³.*¹ORCID ID-0009-0007-7025-9295; ²ORCID ID- 0009-0006-5929-480X; ³ORCID ID- 0009-0003-0306-1095*Azərbaycan İnşaat və Memarlıq Elmi-Tədqiqat İnstitutu, ¹yusifov_nizami@mail.ru*

Xülasə: məqalə, dəmir-beton əyilən elementlərin gücləndirilməsində bazalt və fiberglas ilə xarici armaturlanma effektivliyinin tədqiqatlarının nəticələrinə həsr edilmişdir. Müəlliflər tərəfindən 2025-ci ildə institutda aparılmış eksperimental tədqiqatların nəticələri təqdim olunur və əyilən dəmir-beton tirlərin bazalt və şüşə lifli kompozit materiallarla gücləndirilməsinin sınaq nəticələri ətraflı şərh olunmuşdur.

Aparılmış model nümunələrinin sınaqlarında bir istiqamətli bazalt lifli parça və iki istiqamətli şüşə lifli parça materiallarından istifadə olunmuşdur. Sınaqlar zamanı nümunələrin yüklənmə qabiliyyəti, çatıranma həddi, yüklərdən asılı olaraq faktiki əyintilər və dartılan səthdə materialın həddi dartılma göstəriciləri qeydiyyatda alınmışdır.

Məqalədə aparılmış tədqiqatların nəticələr əsasında qəbul olunmuş materiallarla səthi yapışdırma üsulu ilə əyilən dəmir-beton konstruksiyaların gücləndirilməsi üçün tövsiyələr qeyd olunmuş və sınaqların fotomaterialları təqdim olunmuşdur.

Açar sözlər: dəmir-beton konstruksiya, əyilən element, səthi yapışdırma üsulu, bazalt və şüşə lifli parça.

Son illər respublikamızda işğaldan azad olunmuş ərazilərin yenidənqurulması, memarlıq abidələrimizin bərpası, bina və qurğuların tikintisi istiqamətində bir çox yeni layihələrin icrası reallaşdırılmaqdadır. Bu layihələr demək olar ki, əksər hallarda yeni texnika və texnologiyaların genişmiqyaslı tətbiqini tələb edir.

Yenidənqurma və texnoloji avadanlıqların daha müasir və progressivləri ilə dəyişdirilməsi çox vaxt yükdaşıyan konstruksiyalara texniki xidmət və nəqliyyatdan gələn yüklərin artması, bir sıra hallarda konstruksiyaların gücləndirilməsi zərurəti ilə bağlı olur. Bu, tikinti sahəsində yeniliklərin ortaya çıxmasını, bu innovativ üsul və həllərin sınaqdan keçirilməsini, kifayət qədər elmi və mühəndisi cəhətdən əsaslandırılmış olmasının tələb edir.

İstismarda olan yaşayış və inzibati binalar üçün xarakter olan məsələ onların yenidənqurulması və əsaslı təmirində plan-həcm həllərinin dəyişdirilməsi, genişləndirilməsi və ya üst mərtəbələrin tikintisidir ki, bu da mövcud konstruksiyaların yüklənmə qabiliyyətlərinin və istismara yararlılığının qiymətləndirilməsini, ehtiyac duyulan hallarda gücləndirilməsinin tələb edir. Ayrıca qeyd etmək yerinə düşərdi ki, respublikamızın şəhər və yaşayış məntəqələrində tikililərin ümumi fondunun əsas hissəsi 2000-ci illərə qədər inşa olunmuş, bir çox mövcud bina və qurğuların istismar müddəti 50 ildən artıq təşkil edir. Bu baxımdan uzunmüddətli istismarı ilə bağlı onların vaxtaşırı əsaslı təmirinin aparılması, istismar müddətində müəyyən zədələnmələrin yaranması və onların aradan qaldırılması vacibliyi danılmaz obyektiv zərurət kimi fikrimizcə daima diqqət mərkəzində olmalıdır.

Mövcud konstruktiv elementlərin əlavə olaraq armaturlanması tələb olduğu hallarda ənənəvi həllər yükdaşıyan konstruksiyaların mühəndis normaların tələbləri, gücləndirmə işlərinin icrazının az məsrəflə, bina və qurğuların istismarı dayandırılmadan aparılması mümkünlüyü, istismar mühitinin təsir amillərinə dayanıqlığı və etibarlılığının təmin olunması baxımından imkan vermir. Bu baxımdan sintetik qətranlar, müxtəlif mənşəli süni lifli kompozit materiallar əsasında gücləndirmə üsulları işlənmiş və praktiki olaraq tətbiq olunmaqdadır.

Belə gücləndirici sistemlər aşağı çəkiyə və ölçüyə malik olmaqla aqressiv təsirlərə qarşı müqavimət ilə xarakterizə olunur. İstifadə olunan kompozit materialların yüksək qiymətinə malik

olmasına baxmayaraq gücləndirmə texnologiyasının sadəliyi bu kimi sistemlərlərin tətbiqini iqtisadi cəhətdən əsaslandırır.

Bir qayda olaraq praktiki işlərdə və eləcə də elmi tədqiqatlarda əsas diqqət karbolifli materiallara yönəldilmişdir. Cəmiyyətdə haqsız olaraq digər materiallar, o cümlədən şüşə, bazalt, aramid və hətta son illər yaradılmış polad lifli gücləndirici materiallar diqqətdən kənar qalmışdır. Bazalt və polad lifli materiallar ümumiyyətlə əyilən dəmir-beton konstruksiyaların gücləndirilməsində tədqiq olunmamışdır. Bu baxımdan sintetik yapışdırıcı qətranların geniş nomenklaturasının mövcudluğu, daha ucuz və konkret kompozit materiallarla gücləndirilmənin konstruktiv, hesabi parametrlərinin və effektivliyinin araşdırılması zərurəti baxımından, dəmir-beton konstruksiyaların bu materiallarla gücləndirilməsinin tədqiqi və nəticələrinin istehsalatda istifadəsi xüsusi aktuallığa malikdir.

Aparılmış tədqiqatların məqsədi şüşə və bazalt lifli kompozit materiallarla əyilən dəmir-beton konstruksiyaların gücləndirilməsi üstünlüklərinin və effektivliyinin sınaqlar yolu ilə qiymətləndirilməsindən ibarətdir.

Dəmir-beton konstruksiyaların tədqiqatlarında bir qayda olaraq sınaqların model nümunələr üzərində aparılması məqsədəuyğun sayılmaqdadır. Bu natura elementlərinin hazırlanması və aparılmasına çox vaxt və vəsait tələbi, sınaqların müəyyən qədər mürəkkəbliyi, bizim tədqiqatlar üçün istifadə olunan kompozit materialların bahalıqları və s kimi amillərlə şərtlənir.

Tədqiqat məqsədlərində natura ölçülərində konstruksiyaların sınaqlarında istifadəsi böyük maddi və əmək tutumu ilə bağlıdır. Modeldə və ya modellərdə müxtəlif üsullarla sınaqların ararılması tədqiqat məqsədlərində tələb olunan məlumatları hərtərəfli, daha az müddətdə və ucuz yolla əldə etməyə imkan verir. Burada inşaat konstruksiyalarını modelləşdirməsi ilə maketləşdirilmə (fikrimizcə şərhə ehtiyac yoxdur) anlayışlarının qarışdırılmamasını xüsusi qeyd etmək vacibdir.

Ümumiyyətlə natura konstruksiyalarında və onların müəyyən miqyaslı modellərində baş verən proseslərin oxşarlığının və qanunauyğunluğuna əsaslanaraq inşaat konstruksiyalarının və qurğuların tədqiqatlarının aparılmasında daha səmərəli tədqiqat üsulu kimi sayılmaqdadır.

Aparılan tədqiqatlarda qarşıya qoyulan məqsədlərə uyğun olaraq, tam miqyaslı konstruksiyaların tədqiqinə bənzər müəyyən bir metodika qəbul edilir. Tam miqyaslı sınaqlar nisbətən nadir hallarda aparılır ki, bu da tədqiqat və konstruksiyaların layihələndirilməsi, eləcə də istehsalının son mərhələsini təşkil edir.

Modelləşdirmə yalnız oxşar hadisələri nəzərdən keçirir və oxşarlıq nəzəriyyəsinə əsaslanır. Oxşar hadisələri xarakterizə edən və bir-biri ilə müəyyən asılılıqla bağlı olan parametrlər modeldə öyrənilən təsirlərdən alınan effektdən tədqiq olunan natura konstruksiyalarına keçməyə imkan verir. Bizim tədqiqatlarda modelin natura elementi ilə fiziki oxşarlıqdan istifadə olunur.

Konstruksiyaların sınaq nümunələri modelləşdirərkən natura elementlərinin materiallarının müvafiq sinfinə uyğun beton və armatur millərinin ən kəskin sahəsinə oxşarlığı nəzərə alınmaqla natura (təbii) materiallarından istifadə edilmişdir.

Bütün modellər qeyd etdiyimiz kimi, dəmir-betondan və gücləndirici elementlər oxşarlıq, yəni E_m/E_n , $\varepsilon_m/\varepsilon_n$ şərtləri təmin olunmaqla fiberglas (şüşəlifli) və bazaltlifli materiallardan hazırlanmışdır. Model nümunələrinin həndəsi ölçülərinin miqyası 1/4 olaraq qəbul edilmişdir.

Tədqiqat nəticələrinin tam miqyaslı elementdən modelə və eləcə də əksinə keçid nümunələrinin modelləşdirmənin mütənasiblik miqyasına uyğun mütənasiblik əmsalları sistemi tətbiq etməklə həyata keçirildi.

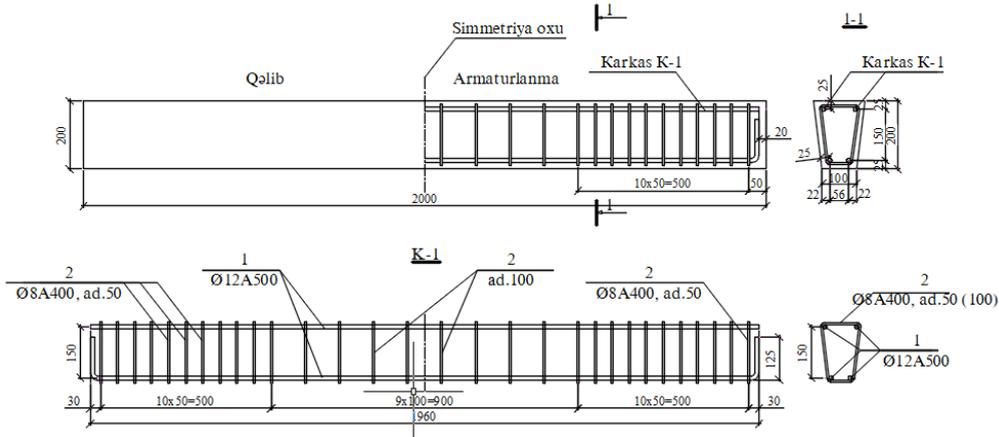
Bizim tədqiqatlar üçün bu əmsallar sistemi olaraq $E_s = E_m/E_n = 1,0$; $P_s = P_m/P_n = 0,111$, $L_s = L_m/L_n = 0,333$, $f_s = f_m/f_n = 0,333$, $M_s = M_m/M_n = 0,037$ kimi qəbul olunmuşdur. Qeyd olunan asılılıqlarda s , n və m indeksləri müvafiq olaraq sınaq, natura və model nümunələrinin parametrlərini xarakterizə edir.

Hazırkı tədqiqatlarda model nümunələrinin sınaqlarında alınmış nəticələrin natura elementlərinə tətbiqi mümkünlüyü nəzərə alınaraq sınaq modellərinin miqyası 1/3 qəbul

olunmuşdur. Başqa sözlə en kəsiyi 400x600 mm və uzunluğu 6,0 m natura elementinə qeyd olunan miqyasa uyğun olaraq nümunələrin en kəsiyi 130x200(h) mm, uzunluğu 2,0 m qəbul olunmuşdur.

Sınaqlarda dəmir-beton tirin betonunun sinfi C40 (B30), armaturlanması dartılan və sıxılan hər iki zonada 2Ø12A500, $A_s=2,26 \text{ sm}^2$, eninə armaturlanma isə Ø8A300, addım 50 və 100 mm qəbul olunmuşdur. Sınaq nümunələri zavod şəraitində hazırlanmış və qəbul olunmuş parametrlərə uyğun olaraq hazırlanmışdır. Nümunələrin konstruksiyası və armaturlanması şəkil 1-də verilmişdir.

Nümunələrin trapes şəkində hazırlanması nəzərə alınmaqla sıxılan zonada eni 130 mm və dartılan zonada 100 mm, alt tillərin yuvarlaqlanması 10 mm radiusla yerinə yetirilməsi qəbul olunmuşdur.



Şəkil 1. Sınaq nümunələrinin konstruktiv parametrləri və armaturlanma xüsusiyyətləri

Nümunələrin hazırlanmasında eyni şərait saxlanılmaqla 150x150x150 mm ölçülərində kontrol kub nümunələri də hazırlanmışdır. Bu nümunələrin laborator şəraitdə sınağı gücləndirilmiş tirlərin sınaqlarının aparılması ilə eyni müddətdə aparılması nəzərdə tutulmuşdur.

Sınaqlarda iki növ gücləndirici lifli materiallardan, iki istiqamətli sıxlığı 300 qr/m² olan CD 125-300 markalı şüşəlifli parçadan və Bazalt F 500 markalı (sıxlığı 500 qr/m²) bir istiqamətli bazalt lifli parçadan istifadə olunmuşdur. Gücləndirici parça materiallarının dəmir-beton sınaq tirlərinin üzərinə yapışdırıcı və praymer (astar qatı) olaraq Turkuaz TP220 markalı ümumi məqsədli polyester qətranından istifadə olunmuşdur. Turkuaz TP220 fiberglas (şüşəlifli) keçə, fiberglas toxunmuş parçalar və kordon (tül) kimi lif məhsullarının emalı üçün xüsusi olaraq hazırlanmış ortoftalik, aşağı reaktivlik, aşağı özlülüklü doymamış polyester qatrandır.

Bildiyimiz kimi bir qayda olaraq yükötürmə qabiliyyətinin 25-35% səviyyəsində əyilən dəmir-beton elementlərdə çatlar yaranır. Bu nəzərə alınaraq sınaqlarda elementlər yüklənmədən və kontrol nümunələrin yükötürmə qabiliyyətinin 50% səviyyəsində yükləndikdən və yük buraxıldıqdan sonra gücləndirilməsinin sınaqları aparılmışdır. Sınaq nümunələrinin ilkin yüklənməsində çatların açılma eninə 0,2 mm-dən çox olmayaraq məhdudiyət qəbul olunmuşdur.

Cədvəl 1-də sınaqların həcmi və nümunələrin yüklənmə xarakteri verilmişdir.

Tədqiqatlar əyilən dəmir-beton elementlərin gücləndirilməsinə həsr olunduğundan modellərin sınağında eyni iş rejimi təmin olunmaqla və konstruksiyaların real işinə yaxın qəbul olunması zərurətindən nümunələr müəyyən qədər yükləndikdən sonra səthi yapışdırıcı kompozit liflərlə gücləndirilərək 3-7 gün sonra sınaqları aparılmışdır.

Gücləndirmə işləri ilə sınaq arasında vaxt intervalı yapışdırıcının (TP 220, elyaf tipli polistirol qətranı) möhkəmliyinin tam yığılması üçün qəbul olunmuşdur. Sınaq tirlərinin yükötürmə qabiliyyəti nümunələrin tam dağıdılması ilə kontrol elementlərdə təyin olunmuşdur.

Gücləndirilən nümunələrin sınaqları 2 mərhələli aparılmışdır. İlk olaraq nümunəyə yükötürmə qabiliyyətinin təqribən 50%-ə uyğun yük verilməklə müvafiq parametrləri ölçülmüşdür (əyilmə və yaranmış çatların açılma eni). Bu zaman yüklərin verilməsi ilkin çatların yaranması və açılma eninin 0,2 mm-ə qədər olması nəzərə alınmaqla yük verilmişdir.

Cədvəl 1

Nümunələr	Marka	Sayı	Sınaq şəraiti
Kontrol	K-1	2	Dəmir-beton nümunə güclənməsiz
Gücləndirilmiş			
Şüşə kompozit 1 qatlı	SK-1	2	Kompozit xamıtlarla gücləndirmiş
	SKY-1	2	B-1-in əyici mom. 50% yüklənmə və boşaldıldıqdan sonra gücləndirməli
Şüşə kompozit 2 qatlı	SK-2	2	Kompozit xamıtlarla gücləndirmiş
	SKY-2	2	B-1-in əyici mom. 50% yüklənmə və boşaldıldıqdan sonra gücləndirməli
Bazalt kompozit 1 qatlı	BK-1	2	Kompozit xamıtlarla gücləndirmiş
	BKY-1	2	B-1-in əyici mom. 50% yüklənmə və boşaldıldıqdan sonra gücləndirməli
Bazalt kompozit 2 qatlı	BK-2	2	Kompozit xamıtlarla gücləndirmiş
	BKY-2	2	B-1-in əyici mom. 50% yüklənmə və boşaldıldıqdan sonra gücləndirməli
CƏMİ		18	

Daha sonra elementə verilən yük götürülərək elastiki deformatsiyaların stabilləşməsi və sınaqların müddətinin çox olması, eləcə də gün ərzində konstruksiyanın gücləndirilməsinin praktiki olaraq qeyri mümkünlüyü nəzərə alınaraq 1 gün saxlandıqdan sonra gücləndirmə işləri aparılmışdır. Qeyd etdiyimiz kimi gücləndirilmiş nümunə 3-7 gün sonra sınaqları aparılmışdır. Bu şərtlər və qəbullar daxilində nümunələrin sınaq tsikli 8-10 gün təşkil etmişdir ki, bu da tam həcmdə nəzərdə tutulmuş sınaq işlərinin kifayət qədər vaxt tələb edəcəyini göstərir.

Sınaq nümunələrinin hazırlandıqdan sınağa qədər keçən müddətdə betonun real möhkəmliyinin qiymətləndirilməsi məqsədi ilə hər sınaq müddətinə uyğun kontrol 150x150x150 mm ölçülərində kub nümunələrinin sıxılmaya sınaqları aparılmışdır.

Nümunələrin sınaq sxemi kimi hər iki dayaqda oynaqlı oturdulmuş bir aşırımlı sxem qəbul olunmuşdur. Sınaq yükləri aşırımın 1/4-də, dayaqlardan bərabər məsafələrdə verilməklə 2 topa yük ilə aparılmışdır. Hər bir seriyada nümunələr qısamüddətli yüklə dağıdılanda qədər yüklənmişdir. Şəkil 2-də nümunələrin hazırlanması və sınaqlar üçün kompozit material yapışdırılmış nümunələr, şəkil 3-də isə ölçü cihazlarının yerləşmə sxemi verilmişdir. Sınaqlarında qeydiyyatlar saat tipli misura və əyintiölçənlər vasitəsilə yerinə yetirilmişdir.

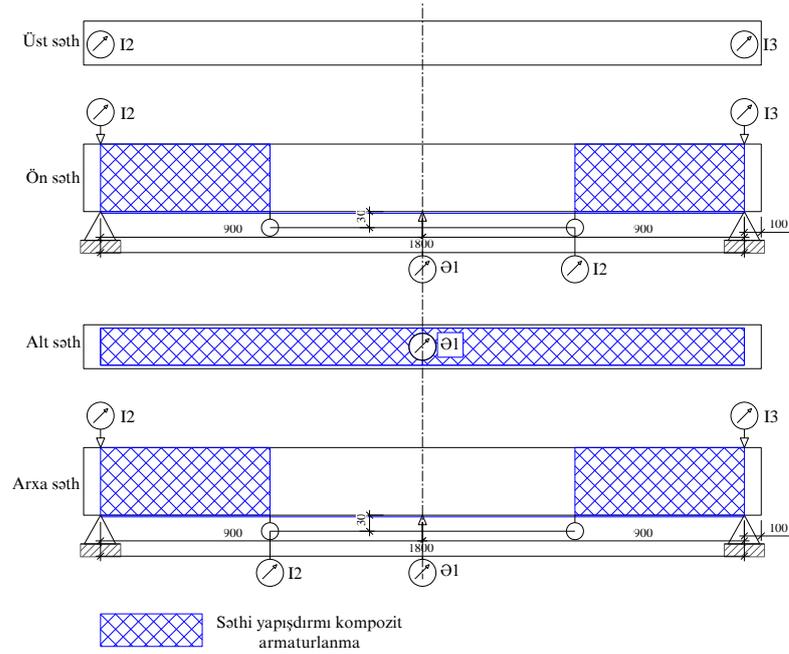


Şəkil 2. Sınaq nümunələrinin hazırlanma prosesi və kompozit material yapışdırılmış nümunələr.

Nümunələrin yüklənməsi nasos stansiyası vasitəsilə pillələrin hər birində kontrol nümunənin yükötürmə qabiliyyətinin 10% olmaqla pillə-pillə yerinə yetirilmişdir. Yükləmə pillələri arasında interval sınaq avadanlıqlarının göstəricilərinin götürülməsi üçün 10-15 dəqiqə qəbul olunmuşdur.

Sınaqlar zamanı nümunələrdə yüklənmə zamanı çatların yaranma səviyyəsi, çatların yüklənmə pillələrində açılma eni və sayının qeydiyyatı aparılmışdır.

Yüklərin verilməsi 100 tonluq hidravlik domkratla pillə-pillə verilmiş, yükün qeydiyyatı rəqəmsal monometr vasitəsi ilə Bar-la aparılmış və nəticələrin işlənilməsində tona çevrilməklə təhlili aparılmışdır.



Şəkil 3. Ölçü cihazlarının yerləşmə sxemi.

Sınaqlarda bütün hallarda yüklər kontrol sınaq nümunələrinin yükçötürmə qabiliyyətinin 1/10-a uyğun pillələrlə verilmiş və hər pillədə müvafiq ölçmələr aparılmışdır.

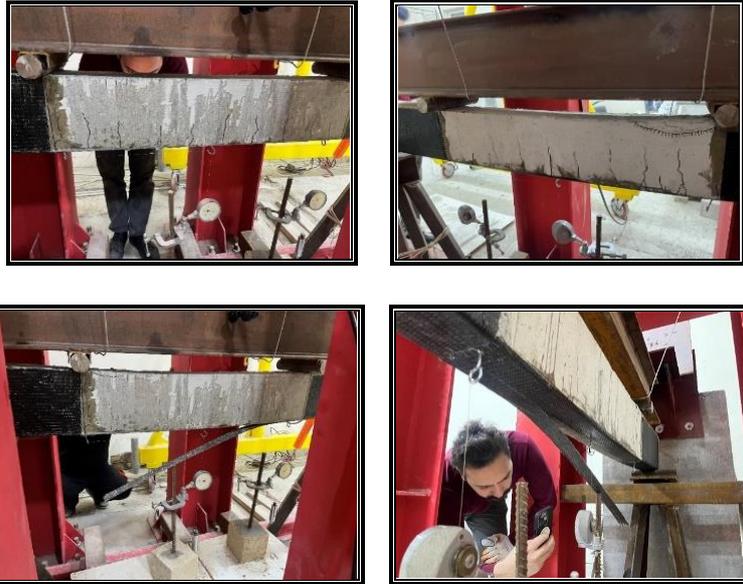
Kontrol nümunələrin yükçötürmə qabiliyyəti 1,776 ton.m və dağıdıcı yükü 7,895 ton olmuşdur. Bu nümunələrdə 10-11 ədəd açılma eni dağılma halında 0,5-1,2 mm və $f/l=1/200$ halında çatların açılma eni 0,4 mm təşkil etmişdir. Sınaq nümunələrində bu parametrlərdə müvafiq olaraq betonun və kompozit materialla birgə işində hər iki material üçün həddi dartılma göstəricisi 0,00686, yəni ki, $6,86 \cdot 10^{-3}$ təşkil etmişdir. Nümunələrin dağılması halında çatlar yarandığından və bu çatların intensiv açılması baş verdiyindən kompozit materialının səthdən qopmadığı halda həddi dartılma göstəricisi və eləcə də armatur millərinin nisbi uzanması 0,01979 ‰ $19,79 \cdot 10^{-3}$ (xalis əyilmə zonasında təqribən 2%) təşkil etmişdir.

Yükləndikdən sonra gücləndirilən nümunələrin səthində açılma eni 0,2 mm olan çatlar yaranmışdır. Yük götürüldükdən və 2 gün saxlandıqdan sonra yaranmış çatların əksəriyyəti qapanmış və tam qapanmamış çatların açılma eni isə 0.05 mm-dən çox olmamışdır. Daha sonra bu nümunələr müxəfiq olaraq bazalt və şüşü lifli kompozit materialla gücləndirildikdə üzərində bu çatlar olmuşdur. Bu nümunələr 1 və 2 qat kompozit materialı ilə gücləndirilmişdir.

Sınaqlarda ilkin yüklənməmiş və yükləndikdən sonra gücləndirmə ilə nümunələr hazırlanmış və müvafiq sınaqları aparılmışdır. Kompozit materiallarla gücləndirilmiş nümunələri sınağı şəkil 4-də və nümunələrin dağılma xarakteria şəkil 5-də göstərilmişdir



Şəkil 4. Kompozit materiallarla gücləndirilmiş nümunələrin (BK-1 və SK-2) sınağı və yüklənmə mərhələlərinə uyğun çatların açılma eninin ölçülməsi



Şəkil 5 . Kompozit materiallarla gücləndirilmiş BK-1 sınaq nümunəsində çatların qeydiyyatı və betonun sıxılan zonasının dağılma və bazalt kompozit materialın dağılma anında qırılma xarakteri.

Qeyd etmək istərdik ki, sınaqlarda bir neçə halda gücləndirilmiş dəmir-beton tir nümunələrinin betonun sıxılan zonası üzrə dağılma halı baş vermişdir. Misal olaraq cədvəl 6-da BK-1 sınaq nümunəsində dağılma ilk olaraq nümunənin yük ötürülən dayaq hissəsində betonun sıxılan zonasından başlamış və daha sonra sınaq yükü artırıldıqca kompozit materialında yüklənmə qabiliyyəti tam istifadə olunmaqla (kompozit gücləndirici qatın beton səthindən qopması və qırılması) müşayiət olunmuşdur.

Dəmir-beton tirlərin betonun sıxılan zonada dağılmasının baş verməsi yüklənməsi baxımından layihələndirmə mərhələsində yol verilməz hal sayılır. Digər tərəfdən kompozit materiallarla gücləndirmədə betonun sıxılan zona üzrə dağılması gücləndirici materialın tam potensialının istifadə olunmasına imkan vermir və gücləndirmə effektini azaltmış olur.

İstər 1 və istərsə də 2 qatlı sınaq nümunələrin dağılması bazalt lifli kompozit materialı ilə gücləndirilmiş nümunələrdə gücləndirici qatın qırılması ilə baş vermişdir. Sınaqlarda səthi armaturlayısı bazalt kompozit materialı bir qayda olaraq dağılma mərhələsində beton səthindən qopmuş və daha sonra qırılma baş vermişdir. Bu isə səthi yapışdırıcı materialın gücləndirilmiş elementlərin dağılmasına qədər effektiv işlədiyini təsdiq edir.

1 və 2 qat bazalt lifli kompozit materialları ilə çatlar yaranmamış dəmir-beton konstruksiyaların yüklənmə qabiliyyətləri (dağılma anında) müvafiq olaraq $M_{max} = 2,132$ və $2,842$ ton.m, ilkin olaraq kontrol nümunələrin yüklənmə qabiliyyətinin 50% səviyyəsində yükləndikdən və çatların yaranmasından (açılma eni 0,1-0,2 mm) sonra gücləndirilmiş tirlərin isə müvafiq olaraq $2,132$ və $2,416$ ton m təşkil etmişdir. Gücləndirilməmiş dəmir-beton kontrol nümunələrdə $M_{max} = 1,776$ ton m təşkil etmişdir.

Sınaqlarda dağılma zamanı nümunələrdə maksimal əyinti BK-1-də 29,1 mm (1/62), BK-2-də 46,81 mm (1/38,5), BKY-1-də 21,9 mm (1/85,2) və BKY-2-də 31,1 mm (1/57,9), kontrol nümunələrdə isə 33,7 mm (1/53,4) təşkil etmişdir. Nümunələrin dağılması halında işçi armatur millərində nisbi dartılma tam baş verməmişdir, armatur millərində axıcılıq həddi yaranmasına baxmayaraq maksimal nisbi uzanma tam istifadə olunmamışdır.

1 və 2 qatlı şüşə lifli kompozit materialları ilə çatlar yaranmamış dəmir-beton konstruksiyaların yüklənmə qabiliyyətləri (dağılma anında) müvafiq olaraq $M_{max} = 1,843$ və $2,309$ ton m, ilkin olaraq kontrol nümunələrin yüklənmə qabiliyyətinin 50% səviyyəsində yükləndikdən və çatların yaranmasından (açılma eni 0,1-0,2 mm) sonra gücləndirilmiş tirlərin isə müvafiq olaraq $2,132$ və $2,406$ ton m təşkil etmişdir. Gücləndirilməmiş dəmir-beton kontrol nümunələrdə $M_{max} = 1,776$ ton m təşkil etmişdir.

Sınaqlarda dağılma zamanı nümunələrdə maksimal əyinti SK-1-də 28,8 mm (1/61,2), SK-2-də 23,76 mm (1/75,8), SKY-1-də 21,9 mm (1/85,2) və SKY-2-də 31,1 mm (1/57,9), kontrol nümunələrdə isə 33,7 mm (1/53,4) təşkil etmişdir. Nümunələrin dağılması halında işçi armatur millərində nisbi dartılma tam baş verməmişdir, armatur millərində axıcılıq həddi yaranmasına baxmayaraq maksimal nisbi uzanma tam istifadə olunmamışdır.

Bu materialların və 1-2 qatlı gücləndirmə effektini qiymətləndirmək üçün kontrol nümunə ilə müqayisədə yüklənmə qabiliyyətinin artırma və gücləndirmə qabiliyyətinin müqayisəsi cədvəl 2-də verilmişdir.

Lifli kompozit materiallarla gücləndirmə effektivliyinin müqayisəsi Cədvəl 2

Nümunə	Əyici moment, ton.m	(Mk-1/Mi) · 100 %
K-1	1,776	100
BK-1	2,274	128,0
BK-2	2,842	160,0
BKY-1	2,132	120,0
BKY-2	2,416	136,0
SK-1	1,918	108,0
SK-2	2,309	130,0
SKY-1	1,847	104,0
SKY-2	2,203	124,0

Cədvəldən görüldüyü kimi bizim sınaqlarda bazalt lifli gücləndirmə bütün hallarda şüşə lifli gücləndirmədən daha effektivdir. Sınaqlarda qəbul olunmuş bütün gücləndirmə hallarında dəmir-beton tirlərin gücləndirilmə effektivliyi təsdiq olunmuşdur. Sınaqlarda kompozit gücləndirici material dəmir-beton tirlərin dağılma prosesinin başlanılmasına qədər baza materialı ilə birgə işi təmin olunmuşdur və bi hər iki materialın əyilən dəmir-beton tirlərin gecləndirilməsində effektiv istifadəsinə imkan yaradır.

Sınaqlarda seriya üzrə göstəricilərin variasiya əmsalı 8-11% olmuşdur. Bu materialın fiziki-mexaniki xassələrinin betona nisbətən daha stabil olması, kütləsində hava qabarcıqlarının və boşluqların olmaması ilə bağlı bütün polimer və kompozit sistemlərdə üçün xarakterikdir.

Aparılmış sınaqlarla bazalt və şüşə lifli kompozit materiallarının əyilən dəmir-beton konstruksiyaların gücləndirməsində effektivliyi təsdiq edilmişdir. Buna baxmayaraq tədqiqat nəticələrinin daha ətraflı təhlilinin aparılması davam etdirilməlidir.

Nəticələr

1. Lifli materialların dəmir-beton tirlərin gücləndirilməsində effektivliyi aparılmış sınaqlarla təsdiq olunmuşdur.
2. Sıxlığı 500 qr/m² olan bir istiqamətli bazalt lifli materialla dəmir-beton tirlərin gücləndirməsində 2 qatlı kompozit material 1 qatlı gücləndirmədən çatlatla zədələnməmiş konstruksiyalar ilə müqayisədə 25%, 50% yüklə yükləndikdən sonra gücləndirmədə 13-15% yüklənmə qabiliyyətini artırmağa imkan verir.
3. Sıxlığı 300 qr/m² olan iki istiqamətli şüşə lifli materialla dəmir-beton tirlərin gücləndirməsində 2 qatlı kompozit material 1 qatlı gücləndirmədən çatlatla zədələnməmiş konstruksiyalar ilə müqayisədə 20%, 50% yüklə yükləndikdən sonra gücləndirmədə 18% yüklənmə qabiliyyətini artırmağa imkan verir.
4. Gücləndirmədə sıxılan zonanın betonunun sıxılmada möhkəmliyi, eləcə də gücləndirici kompozit materialın konstruktiv parametrləri elə seçilməlidir ki, konstruksiyanın dağılma halı dartılan zonanın kompozit materialının yüklənmə qabiliyyətinin ilə baş versin.
5. Bütün hallarda çatlarla zədələnməmiş və 50% yüklə yüklənmiş nümunələrin gücləndirilmə effekti zədələnməmiş konstruksiyalar ilə müqayisədə bazalt kompozit materialı ilə gücləndirmədə 7-17% və şüşə kompozit materialı ilə gücləndirmədə isə 3-5% daha azdır.

İstifadə olunmuş ədəbiyyat

1. Усиление изгибаемых железобетонных элементов внешним композитным армированием с учетом условий эксплуатации: автореф. дис. к.т. наук / Есипов С.М. - М., 2020. - 24 с.
2. Григорьева Я.Е. Экспериментальное исследование влияния внешнего армирования изгибаемых железобетонных балок углеволокном на прочность и жесткость конструкций // Вестник МГСУ. 2011. № 8. С. 181–185.
3. Бетонные конструкции, усиленные композитным материалом/В.И. Римшин, С.И. Меркулов, С.М. Есипов//ВЕСТНИК ИНЖЕНЕРНОЙ ШКОЛЫ ДВФУ. 2018. № 2(35). с-94-100.
4. К вопросу усиления железобетонных конструкций внешним армированием композитным материалом/Римшин В.И., Меркулов С.И. // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. Т. 20. № 5. С. 92–100.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ АРМИРОВАНИЯ ИЗГИБНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ БАЗАЛЬТОВЫМИ И СТЕКЛОВОЛОКОННЫМИ КОМПОЗИЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

к.т.н. Юсифов Н.Р., н.с. Юсифов Ю.Н., главный спец. Гусейнов Р.Р.

Азербайджанский НИИ Строительства и Архитектуры

Аннотация: Статья посвящена результатам исследования эффективности внешнего армирования железобетонных изгибаемых элементов усиленными базальтовыми и стеклоткани. Авторы представляют результаты экспериментальных исследований, проведенных в институте в 2025 году. Подробно описаны результаты испытаний по усилению изгибаемых железобетонных балок базальтовыми и стекловолокнистыми композиционными материалами.

При испытаниях модельных образцов использовались однонаправленный ткань из базальтового волокна и двух направленный стеклотканые материалы. В ходе испытаний фиксировались несущая способность образцов, предел трещинообразования, в зависимости от нагрузки фактические прогибы и показатель растяжимости усиливающих материалов на растягиваемой поверхности балок.

В тексте на основе результатов проведенных исследований, по математике, даны рекомендации по усилению изгибаемых железобетонных конструкций методом поверхностного склеивания принятыми материалами. В статье представлены фотоматериалы испытаний.

Ключевые слова: железобетонная конструкция, изгибающий элемент, способ поверхности склеивания, базальтовая и стекловолоконная ткань.

ANALYSIS OF TEST RESULTS FOR REINFORCEMENT OF FLEXURAL REINFORCED CONCRETE ELEMENTS WITH BASALT AND FIBERGLASS COMPOSITE MATERIALS

Ph.D. Yusifov N.R., junior researcher Yusifov Y.N., chief specialist Huseynov R.R.

Azerbaijan Scientific-Research Institute of Construction and Architecture

Summary: The article is devoted to the results of a study of the effectiveness of external strengthening of reinforced concrete bending elements with reinforced basalt and fiberglass. The authors present the results of experimental studies conducted at the institute in 2025. The results of tests on strengthening bending reinforced concrete beams with basalt and fiberglass composite materials are described in detail.

When testing model samples, unidirectional basalt fiber fabric and bidirectional fiberglass materials used. During the tests, the load-bearing capacity of the samples, the limit of cracking, the actual deflections depending on the load, and the tensile index of the reinforcing materials on the tensile surface of the beams recorded.

In the text, based on the results of the conducted research in mathematics, recommendations given for strengthening bendable reinforced concrete structures by the method of surface gluing with accepted materials. The article presents photographic materials of the tests.

Keywords: reinforced concrete structure, bending element, gluing surface method, basalt and fiberglass textile.

MEMARLIQ VƏ ŞƏHƏRSALMA

УДК 502.36

DOI.org <https://doi.org/10.30546/3106-4817.2025.03.214>

АКТУАЛЬНОСТЬ СЕРТИФИКАЦИИ ЖИЛИЩНОГО ФОНДА В КОНТЕКСТЕ

“ЗЕЛЕНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА” АЗЕРБАЙДЖАНА (экология, энергетика, урбанизация)

канд. арх. Салимова А.Т. Азербайджанский НИИ Строительства и Архитектуры

ORCID iD: 0000-0003-1824-6730

Аннотация: Статья рассматривает необходимость создания национальной системы сертификации жилищного фонда в Азербайджане для повышения энергоэффективности, экологической безопасности и качества жилья. Анализируются исторические типовые жилые серии и международные стандарты сертификации. Предлагаются подходы к адаптации ключевых критериев к климатическим, социальным и экономическим особенностям страны, что способствует внедрению зелёного строительства и устойчивому развитию городских территорий.

Ключевые слова: жилищный фонд, сертификация, энергоэффективность, устойчивое развитие.

Введение. Зелёное строительство в Азербайджане — это развивающееся направление, которое становится всё более актуальным на фоне глобальных вызовов, связанных с изменением климата и устойчивым развитием. В условиях устойчивого развития Азербайджана и климатических изменений, переход к экологически чистому строительству становится приоритетом государственной политики.

Азербайджан участвует в международных экологических инициативах, в том числе в рамках COP (Конференций ООН по климату). В рамках усилий по достижению этих целей важное значение приобретает развитие зеленого строительства, особенно в жилищном секторе, где наблюдается активный рост и реконструкция. Зеленое строительство способствует: снижению негативного воздействия на окружающую среду; сокращению энергопотребления; снижению уровня выбросов парниковых газов в секторе жкх - как один из ключевых инструментов снижения удельного энергопотребления жилищного фонда (переход на возобновляемые источники энергии: в том числе, солнечная и ветровая энергия - замена угля и газа на чистые источники; гидро- и геотермальная энергия - стабильные и экологичные альтернативы); улучшению качества воздуха и воды; созданию комфортной и безопасной городской среды.

Государственные программы и инвестиции играют ключевую роль в модернизации жилищной сферы, особенно в контексте восстановления освобождённых территорий. Внедрение стандартов энергоэффективности, проведение обязательных энергоаудитов и модернизация оборудования — ключевые шаги на пути к «зелёной экономике».

Статья носит аналитико-обзорный характер и подготовлена по итогам анализа состояния жилищного фонда Азербайджана в контексте энергоэффективности, «зелёного» строительства, а также сертификации жилищного фонда Азербайджана. В статье использованы методы нормативно-правового анализа, сравнительного обзора международных систем сертификации зданий (LEED, BREEAM, EDGE и др.), анализа официальных статистических данных Государственного комитета по статистике Азербайджана, анализа, применённого для обобщённой оценки потенциала и ограничений перехода жилищного фонда к принципам устойчивого («зелёного») строительства. На сегодняшний день, одна из основных проблем в жилищном секторе - отсутствие в Азербайджане обязательных стандартов сертификации зелёного строительства.

Цель статьи: аналитическое обобщение и систематизация результатов анализа статистических и экспертных данных о состоянии жилищного фонда Азербайджана в контексте энергоэффективности и «зелёного» строительства, а также оценка предпосылок формирования национальной системы сертификации жилых зданий.

Объект исследования- жилищный фонд Азербайджана в контексте устойчивого

градостроительного развития.

Предмет исследования - процессы повышения энергоэффективности, внедрения принципов устойчивого («зелёного») строительства и разработки национальной системы сертификации жилых зданий, включая адаптацию международных стандартов (LEED, BREEAM, EDGE и др.) к условиям Азербайджана.

В ходе исследования были поставлены следующие задачи: проанализировать современное состояние жилищного фонда Азербайджана с точки зрения энергоэффективности и экологических характеристик; обобщить опыт действующих международных подходов к сертификации жилых зданий; разработать предложения по внедрению национального стандарта.

Научная новизна статьи заключается в комплексной систематизации и аналитической интерпретации нормативных, статистических и экспертных данных, характеризующих жилищный фонд Азербайджана, также их рассмотрение в едином контексте формирования национальной системы сертификации жилых зданий как инструмента интеграции энергетической, экологической и градостроительной политики.

Основное содержание. Принципы зеленого строительства

Зелёное строительство - это подход к проектированию, строительству и эксплуатации зданий с минимальным воздействием на окружающую среду, включает: энергоэффективность; использование возобновляемых источников энергии; снижение потребления воды; экологичные строительные материалы; сокращение выбросов парниковых газов. На сегодняшний день в Азербайджане Зелёному строительству уделяется особое внимание со стороны государства. Так, в Азербайджане принята Государственная программа по энергоэффективности., поддерживаются инициативы в рамках стратегии устойчивого развития и декарбонизации экономики. В условиях нарастающего глобального климатического кризиса Азербайджан усиливает свою приверженность борьбе с изменением климата, устойчивому развитию и переходу к «зеленой» экономике. Страна является участником Рамочной конвенции ООН об изменении климата (UNFCCC) и Парижского соглашения, а также поставила перед собой амбициозную цель - сократить выбросы парниковых газов на 40% к 2050 году. Азербайджан ратифицировал Парижское соглашение **в 2016 году**. Азербайджан как участник Парижского соглашения, активно участвует в борьбе с изменением климата и вносит свой вклад через Национально определяемые вклады (NDC - *Nationally Determined Contributions*). **Основная цель** NDC Азербайджана, принятая в 2017 году - сократить к *2030 году* выбросы парниковых газов на **35%** от уровня **1990 года**.

В 2021 году Азербайджан объявил о цели достичь 40% сокращения выбросов к 2050 году (с долгосрочной целью достижения углеродной нейтральности к 2050). Согласно имеющимся данным, выбросы парниковых газов от сжигания топлива значительно снизились в период с 1990 по 2010 год. Однако это снижение произошло в основном в промышленном секторе, который сильно пострадал от постсоветской трансформации и реструктуризации. Иная картина наблюдается в 2010-2022 гг. -так, например, выбросы выросли на 76% как в промышленности, так и в транспортном секторе и на 36% в зданиях. Под влиянием роста населения и экономики этот рост отражается в повышении спроса на энергию, который удовлетворяется в первую очередь за счет увеличения потребления природного газа в промышленности и зданиях.

Также можно отметить изменения и в сфере законодательства, которое постепенно адаптируется под международные стандарты. В этом контексте Министерство энергетики Азербайджана создало всеобъемлющую законодательную базу для энергоэффективности. В 2021 году был принят закон «Об эффективном использовании энергетических ресурсов и энергоэффективности», разработанный при поддержке Европейского Союза в рамках программы «EU4Energy» в сотрудничестве с Энергетической хартией (официально вступил в силу 1 июля 2022 года). Закон охватывает передовые инструменты и устанавливает основные

принципы государственной политики в области энергоэффективности, регулирует отношения в сфере производства, хранения, передачи, распределения, продажи и потребления энергии, с применением как к государственным учреждениям, так и к частным субъектам, включая конечных потребителей.

Помимо укрепления законодательной базы, Азербайджан разработал несколько стратегических документов, интегрирующих меры по повышению энергоэффективности. Следует отметить «Азербайджан 2030: национальные приоритеты социально-экономического развития», «Стратегию социально-экономического развития (2022-2026)», «Государственную программу по великому возвращению на освобожденные территории» и «План действий по созданию зоны зеленой энергетики на освобожденных территориях (2022-2026)».

Таблица 1.

Environmental	экология, где важное место занимают вопросы снижения выбросов CO ₂ и других парниковых газов, энергоэффективности зданий и производства, утилизации отходов, водосбережения и использования возобновляемых источников энергии, защита биоразнообразия и борьба с загрязнением
Social	социальная ответственность, где учитываются такие факторы, как забота о работниках (условия труда, охрана здоровья), поддержка местных сообществ, равенство, инклюзия и недискриминация, образование и развитие персонала, безопасность продукции и услуг
Governance	управление, где основные факторы - прозрачность в управлении и отчетности, противодействие коррупции, участие акционеров в принятии решений, соответствие нормативным требованиям

ESG-подход используется компаниями, инвесторами, государственными структурами и девелоперами для интеграции принципов устойчивости в стратегию и повседневную деятельность. В контексте жилищного строительства, как в Азербайджане, так и в мире, ESG-подход выражается через использование «зелёных» технологий и сертификационных систем (BREEAM, LEED и др. стандарты), где важно место также занимает проектирование энергоэффективных зданий, учет комфорта, безопасности и инклюзивности для жильцов, развитие инфраструктуры (транспорт, школы, медпункты), и, конечно, снижение углеродного следа на всех этапах

Потенциал энергоэффективности

В 2022 году Министерством Энергетики Азербайджана был подготовлен, в сотрудничестве с международными экспертами ЕС «Национальный план действий по энергоэффективности 2022–2030» (NEEAP) [1], где содержатся: сценарии по снижению потерь; предложения по законодательным мерам.

Проекты ЕС и GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit) - в рамках программ (EU4Energy (ЕС – Европейский Союз) и *enpard u Energy Charter Secretariat*) проекта «Technical Assistance for Energy Efficiency Policy in Azerbaijan» на основании результатов пилотных проектов (в Гяндже, Шеки, Мингечауре) пришли к выводам [5]: «Современные меры энергомодернизации — утепление фасадов, окна, освещение, вентиляция и использование LED-освещения позволяют снизить потребление энергии на 35–45% без потери комфорта». Также в докладе отмечается: «Потенциал энергосбережения в образовательных учреждениях и муниципальных зданиях высок — даже без применения возобновляемых источников» [5].

По оценке экспертов:

- даже без капитального ремонта, замена освещения и установка датчиков может снизить энергопотребление на 10–15%;
- полная термомодернизация даёт экономию до 40–50% на отоплении и кондиционировании;
- Азербайджан имеет возможность сокращения потребления электроэнергии до 50% за

счет мер по повышению энергоэффективности в общественных зданиях – что может привести к экономии около 154 млн. долларов в год на расходах на энергоснабжение [1, 5].

Характеристика жилищного фонда Азербайджана

Строительный сектор Азербайджана играет важную роль в экономике страны, демонстрируя стабильный рост в последние годы благодаря государственным программам и развитию инфраструктурных проектов.

Общая характеристика жилищного фонда Азербайджана (по данным Госкомстата Азербайджана) - в стране насчитывается **более 1,7 миллиона жилых зданий** (на 2023 год) [2]. Жилищный сектор Азербайджана сегодня характеризуется активным строительством (особенно в Баку и крупных городах, таких как Гянджа, Сумгаит), ростом жилищного фонда (увеличение на 30% между 1994-2014 гг.), повышением уровня обеспеченности жильем на душу населения (18 кв.м. в 2014 г.) и значительным объемом жилищного фонда. Паспортизация жилищного фонда (включая определение года постройки) не осуществляется по единой системе «сертификации». Статус объекта недвижимости определяется на основании документов, подтверждающих ввод в эксплуатацию и технического паспорта. Жилищный фонд можно разделить на несколько типов, согласно основным историческим этапам строительства:

1. Жилые дома, построенные до 1920 года — эти жилые помещения охватывают исторически центры городов, нуждаются в ремонте и реконструкции.

2. Жилые дома, построенные в период от 1920 до 1940 годов

3. Жилые дома, построенные с 40-х до конца 50-х годов. В этот период, главным образом, строились так называемые «сталинки», которые и сегодня остаются популярными и «высоколиквидными», так как находятся в престижных районах. Имеют монументальный внешний вид, запоминающиеся элементы фасада. Проблемы - несмотря на прочность, многие сталинки нуждаются в капитальном ремонте: замена коммуникаций, кровли.

4. Конец 50-х - 60-е годы XX-го века началось массовое строительство жилья. «Хрущёвки» - жилые дома этого типа не отвечают современным требованиям и нуждаются в частичной реконструкции.

5. 1960-1980-е годы. Дома по «французским» проектам. «Брежневки» стали заключительной стадией советского градостроительства - строились с 1964 по 1982 годы. Здания многоэтажные, многоблочные, имели лифты, мусоропроводы и просторные кухни. По сути «брежневки» — улучшенные проекты «хрущевского» периода. Изменилась высота, квартиры стали просторнее, планировка стала удобнее, потолки выше, санузлы — изолированные, изолированные комнаты (15-17 м²), детские (8-10 м²), кухни (9 м²). Наличие балкона или лоджии было обязательным.

6. в период 1990–2009 гг. строительство жилья в Азербайджане пережило переходный период от советской системы к рыночной, с застоем в начале 90-х из-за политической нестабильности и военного конфликта.

7. Вторая половина 1990-х – 2000-е (1996–2009): Стабилизация и рост экономики (1996-2000) послужили росту строительства.

8. современный период

Темпы жилищного строительства.

Таблица 2.

Количество квартир, построенных за период (годы)	Количество населения (в %)
до 1919	0,3
1919 -1945	1
1946-1960	8
1961-1970	19,7
1981-1990	20,8
1991-2000	16,4
2001-2010	8,4
после 2011	7,8

Большинство населения Азербайджана проживает в квартирах, построенных до 1991 года.

В 1920-1987-ых годах в республике были построены жилые дома общей площадью 63,5 млн. кв.м. Общий жилищный фонд в республике с 1922-го до 1987-го годов года увеличился на 3,5 млн. кв.м. и достиг 80,4 млн. кв.м.

В начале 2000-х в Азербайджане объем строительства жилых зданий был доведен до 3 млн. кв.м. В последующие годы эта цифра начала снижаться.

В результате экономических реформ в 2005-ом году весь жилищный фонд по сравнению с 1990-ым годом увеличившись на 17,3% составил 104,0 млн. кв.м. – в том числе городской жилищный фонд 59,3 млн. кв.м., сельский жилищный фонд 44,7 млн. кв.м.

Жилищный фонд в 2003 году составлял 125 млн. кв.м.

В 2022 году жилищный фонд составил 200,7 млн кв.м. - в том числе городской жилищный фонд вырос в 2 раза, сельский – в 1,5 раза.

С 2003 по 2022 год общая площадь жилищного фонда увеличилась с 125 млн м² до 200,7 млн м², что составляет рост в 1,6 раза.

Если в период с 2009 по 2020 год в Абшеронском районе общая площадь жилищного фонда выросла на 140 %, то в целом по стране рост составил лишь около 24 %, а в ряде регионов - в пределах 20% [15].

На протяжении 2010-2022 года ежегодный ввод жилья в Азербайджане составлял до 3 млн. кв.м. в год [13]. Исключениями стали 2019 и 2020 года – так, в 2019 году общая площадь жилья, сданного в эксплуатацию в Азербайджане, составила 9,5 млн. кв.м, что в 4,2 раза больше показателя 2018 года [13].

В период с 2018 по 2023 год общее количество квартир в стране увеличилось на 122 тысячи единиц, что составляет рост на 11 %. При этом 73 тысячи новых квартир — или около 60 % — пришлось на Баку, Сумгаит и Абшеронский регион [13].

В 2022 году в Азербайджане было построено на 35,6% больше жилья [13]. Ввод составил 2,8 млн . кв.м, из которых 78,5% - составила доля жилья в городах и 21,5% в сельской местности [13]. По статистическим данным в Азербайджане с 2013 по 2022 годы было построено и сдано в эксплуатацию [2]:

Таблица 3

годы	сдано млн. кв.м. жилой площади
2000	3
2013	2,138
2014	1,978
2015	1,927
2016	1,677
2017	1,076
2019	9,5
2020	5,2
2022	2,8

Согласно последним данным, жилищный фонд Азербайджана, составляет свыше 227–230 млн м² (2023) [2]. Из них около 14 млн. кв.м приходится на долю государственного (общественного) и кооперативного жилищного фонда. 98% жилищного фонда приходится на городскую местность.

Общая площадь жилищного фонда по годам

Таблица 4

	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2021	2022	2023
м ²	104 123,2	116 409,5	138 980,9	159 559,0	171 322,2	198 340,5	200 705,6	227 400,0	230 400,0

Примечание: по данным Госкомстата Азербайджана [2]

Показатели площади жилищного фонда (по состоянию на 2023 г.) [2] Таблица 5

Показатель	Оценка
Общая площадь жилых зданий	~220 млн м ²
Общая площадь нежилых зданий	~80–90 млн м ²
Доля жилого фонда	~70% от всей застроенной площади
Доля нежилого фонда	~30%

Энергоёмкость жилищного сектора в Азербайджане - объём энергии, необходимый для поддержания комфортных условий (отопление, охлаждение, освещение, горячая вода и др.) [2]. Нежилые здания потребляют примерно четверть всей энергии по сравнению с жилым сектором. Современные энергоэффективные жилые дома в Азербайджане потребляют 80–150 кВт·ч/м²/год, Старый жилищный фонд — до 400 кВт·ч/м²/год.

Энергоёмкость жилищного сектора в Азербайджане [2].

Таблица 6

Тип жилья	Среднее значение энергоёмкости	Характеристика
Старый фонд (до 1990)	Высокая (250–400 кВт·ч/м ² /год)	Плохая теплоизоляция, щели, Необходимость ремонта
Период строительства с 2000 по 2015	Средняя (150–250 кВт·ч/м ² /год)	Нарушение норм аэрации и инсоляции. Пластиковые окна
Современные жилые комплексы	Ниже среднего (80–150 кВт·ч/м ² /год)	Современные материалы Системы контроля климата

Энергоёмкость по секторам за 2023 г. [2].

Таблица 7

Сектор	Доля в общем потреблении
Жилой сектор	~35%
Нежилой сектор	~25–28%
Промышленность	~22%
Транспорт	~15%
Сельское хозяйство и пр.	~5%

Основные причины высокого уровня энергопотребления: отсутствие стандартов энергоэффективности; нет мотивации владельцев к модернизации; старое оборудование (лифты, серверы, кондиционеры, холодильные камеры и т.д.); постройки до 2020 года не имеют автоматизированного управления светом и климатом.

Основные меры по снижению энергопотребления:

1. Введение национальных стандартов и нормирования
2. Сертификация нежилых зданий по уровню энергоэффективности
3. Использование светодиодного освещения
4. Установка систем "умного управления" (BMS, датчики движения, климат-контроль)
5. Солнечные панели на крышах ТЦ и школ (пилотные проекты есть в Баку и Шамкире)
6. Теплоизоляция фасадов и окон

Результаты. Современные проблемы жилищного фонда

• За прошедшие десятилетия назрела острая необходимость реконструкции жилищного фонда города по архитектурным, градостроительным и строительным требованиям. Необходима срочная модернизация жилого фонда. Многие из жилых зданий имеют истекший срок эксплуатации. Состояние жилья по административным районам Баку различно. Некоторые дома находятся в тяжелом аварийном состоянии, а технические показатели других домов вполне удовлетворительны, что и позволяет провести реконструкционные работы. Подход к решению проблемы домов первых массовых серий может быть различен: от модернизации–реабилитации–реконструкции существующих домов до их сноса и новой застройки. Старые дома должны оцениваться по расходу ресурсов, а новые - строиться с применением энергоэффективных технологий.

Следует отметить: устаревшие коммуникации; низкое качество тепло- и шумоизоляции; аварийное состояние зданий (трещины, износ перекрытий); неоднородность жилищного фонда; преобладание морально и физически устаревших зданий, разрыв между старой и новой застройкой. Из анализа жилищного фонда следует, что до 70% нуждается в утеплении и модернизации систем отопления; энергоэффективность остаётся критически низкой; уплотнение застройки привело к транспортным перегрузкам и снижению качества жизни;

Перспективы. Среди ключевых аспектов текущего состояния и перспектив развития жилищного сектора Азербайджана: повышение устойчивости городской среды и внедрение энергоэффективных стандартов; цифровизация градостроительного процесса; реновация старого фонда и улучшение качества жилья. На современном этапе развития Азербайджана на передний план выступают и проблемы развития регионов. Так, если с 1990 по 2021 гг. более 20% территории страны оказались под оккупацией - была уничтожена многовековая материальная культура Азербайджана, причинен урон инфраструктуре (Лачин, Кельбаджар, Зангилян, Губадлы, Джабраил, Физули, Агдам). Для претворения в жизнь целей устойчивого развития в селах Агалы-I, II и III Зангиланского района строятся по типу «Умное село».

Жилищная сфера Азербайджана активно развивается, что позволяет выделить следующие тенденции: рост жилищного фонда - в последние годы наблюдается рост жилищного строительства, особенно в крупных городах; преобладание многоэтажных зданий.

Государственные программы - реализуются государственные программы по обновлению и улучшению жилищного фонда, однако темпы обновления остаются недостаточными для удовлетворения растущего спроса. Среди государственных инициатив программы социального жилья и ипотеки: Агентство по жилищному строительству (MIDA) реализует проекты доступного жилья.

Реконструкция аварийного фонда: активные программы реновации и реконструкции жилья по городам Азербайджана. Госпрограммы предполагают снос аварийного жилья и строительство современных жилых комплексов с элементами «зелёной архитектуры» [3,5]. Важным направлением является внедрение принципов устойчивого градостроительства [4, с.104]. В конечном итоге речь идёт о комплексном повышении уровня комфорта, безопасности и благополучия жителей.

В последнее десятилетие, в Азербайджане был реализован ряд пилотных проектов по внедрению энергосберегающих систем в промышленном и гражданском секторах. В настоящее время эта работа ведется под непосредственным контролем главы государства на базе развития законодательной базы и подзаконных актов - так, в июле 2021 года был принят закон «О рациональном использовании энергоресурсов и энергоэффективности» [14]. В рамках международного партнерства технологии экономии энергии активно применяются в ходе строительства жилищного фонда в Карабахском регионе, где среди примеров - «умное» село Агалы в Зангиланском районе.

Жилищная проблема остается серьезной социальной проблемой в стране. В «Стратегической дорожной карте основных направлений развития национальной экономики и ключевых отраслей», утвержденной указом Президента Азербайджанской Республики [5], в основных сферах страны предусмотрены два приоритетных сектора: обеспечение населения доступным жильем по разумной цене; и развитие коммунального хозяйства услуги (электроэнергия и тепловая энергия, вода и газ. Стратегические ориентиры, заложенные в государственных программах, подтверждают системный и долгосрочный характер государственной деятельности в этом направлении.

Современная ситуация осложняется многими аспектами, среди которых тенденция роста численности населения городов, что приводит к уплотнению территории застройки городов. Необходимо внимание уделить и неблагоприятным факторам, воздействующим на пространственную энергоэффективность поселений, оценить мероприятия энергосбережения

при планировании территорий в градостроительстве. И, в тоже время, различный характер исторически сложившейся планировки и застройки городских территорий Азербайджана обуславливает необходимость изучения энергоэкономических особенностей и формирования градостроительной политики энергосбережения. Определяющим параметром энергосбережения в градостроительстве является численность населения и площадь поселений. На повестке дня новые подходы к использованию территорий, новые требования к архитектуре жилых домов и комплексов. Интенсивный рост населения Азербайджана на первый план выдвигает задачу регулирования развивающихся социально-экономических проблем и требует разработки научно обоснованных рекомендаций для более эффективного управления над городской средой.

**SWOT-анализ жилищного фонда Азербайджана в контексте
перехода к устойчивой ("зелёной") застройке**

Таблица 8

S – Strengths (Сильные стороны)	W – Weaknesses (Слабые стороны)
<p>Высокий потенциал для модернизации: большая часть жилищного фонда нуждается в модернизации.</p> <p>Развитая строительная индустрия. Большое количество строительных фирм</p> <p>Государственная поддержка. Приняты стратегии устойчивого развития. Участие в международных климатических соглашениях, COP29 в Баку.</p> <p>Активное новое строительство: Период характеризуется интенсивным ростом жилищного строительства. Есть возможность внедрения "зелёных" стандартов на уровне проектирования.</p>	<p>Старение жилищного фонда: большая часть фонда построена в советский период и сегодня не соответствует экологическим и техническим требованиям.</p> <p>Низкий уровень энергоэффективности: Слабая теплоизоляция, устаревшие системы отопления и вентиляции, низкий уровень использования ВИЭ (возобновляемые источники энергии).</p> <p>Ограниченная осведомлённость населения и отсутствие национального «зелёного» стандарта, нормативов по устойчивому строительству / энергоаудиту зданий</p>
O – Opportunities (Возможности)	T – Threats (Угрозы)
<p>Привлечение международных инвестиций. Развитие ВИЭ и "умных" технологий: солнечная и ветровая энергия, системы «умный дом», цифровые датчики потребления энергии и воды.</p> <p>Создание нормативной базы: разработка национального стандарта сертификации с учетом зарубежного опыта (BREEAM, LEED и др.). Внедрение обязательного энергоаудита и «зелёных» норм. Модернизация жилищного фонда</p>	<p>Финансовые проблемы населения: многие не имеют возможности провести «зелёную» модернизацию без государственной поддержки или субсидий.</p> <p>Задержки в создании нормативной базы и разработки национального стандарта сертификации.</p> <p>Отсутствие механизмов принуждения к переходу к устойчивому зеленому строительству</p>

Сертификация и паспортизация жилищного фонда

Сертификация включает в себя оценку соответствия многоквартирных домов стандартам, подтверждающим их безопасность и качество для потребителей. Сертификация позволяет развивать передовые инновационные разработки,двигающие отрасль вперед, делает здания более энергоэффективными, что снижает стоимость их дальнейшей эксплуатации».

Сертификация старого жилищного фонда — это оценка его соответствия требованиям безопасности, комфорта и энергоэффективности и возможность получения «добровольного» сертификата, подтверждающий его качество и повышающий привлекательность для покупателей. В этом случае проводят оценку состояния конструкций, инженерных систем и энергоэффективности.

Рекомендации по созданию национальной системы сертификации:

1. Разработка национального стандарта «Зелёное здание Азербайджана», основанного на адаптированных принципах LEED, BREEAM и EDGE и др., учитывающего климатические зоны страны и строительные традиции.
2. Введение обязательной экологической экспертизы для всех крупных жилых проектов (многоэтажные комплексы, социальное жильё, проекты на восстановленных территориях Карабаха).
3. Формирование нормативно-правовой базы, включающей требования к энергоэффективности, использованию возобновляемых источников энергии, управлению водными ресурсами и отходами.
4. Создание системы стимулов для девелоперов и инвесторов: налоговые льготы, субсидии, доступ к «зелёным» инвестиционным фондам и ESG-финансированию.
5. Подготовка кадров и повышение квалификации: внедрение образовательных программ для архитекторов, инженеров и девелоперов; создание центров компетенций по зелёному строительству.
6. Пилотные проекты в Баку и регионах (особенно на освобождённых территориях) для апробации национальной сертификационной системы и демонстрации её эффективности.
7. Система мониторинга и отчётности: ежегодная оценка внедрённых проектов по ключевым индикаторам (энергопотребление, выбросы CO₂, комфорт и здоровье жителей).

Заключение

Создание национальной системы сертификации жилого фонда в Азербайджане является стратегической необходимостью для повышения энергоэффективности, экологической безопасности и качества жилья. Реабилитация районов с советским наследием должна учитывать социальные, экономические и климатические особенности страны. Адаптация международных стандартов сертификации к национальным условиям позволит внедрить зелёное строительство, стимулировать инновации и способствовать устойчивому развитию городских территорий. Такой подход позволит внедрить зелёное строительство, стимулировать инновации и обеспечить устойчивое развитие городских территорий. Таким образом, формирование системы сертификации жилого фонда в Азербайджане выступает не факультативной мерой, а объективно обусловленной необходимостью, связанной с задачами повышения энергоэффективности, экологической безопасности и управляемости развития жилищного сектора.

Список литературы

1. «Enerji resurslarından səmərəli istifadə və enerji effektivliyi haqqında». Azərbaycan Respublikasının 359-VIQ nömrəli Qanunu 9 iyul 2021-ci il . <https://minenergy.gov.az/uploads/senedler/nhal/1.pdf>.
2. Azərbaycan Respublikasının Dövlət Statistika Komitəsi. <https://www.stat.gov.az/>.
3. Azərbaycanda enerji səmərəliliyi siyasəti. <https://minenergy.gov.az/az/enerji-semereliliyi/enerji-semereliliyine> dair.
4. Əfəndiyev, V. Nağıyev S. Əhali coğrafiyası. - Bakı: Bakı Universiteti nəşriyyatı, 2006. - 338 s.
5. Energy Efficiency Policy in Azerbaijan: a Roadmap. IEA Publications (International Energy Agency). Website: www.iea.org
6. Энергетический профиль Азербайджана. <https://www.eeseaec.org/>.
7. Население, занятость и условия жизни в странах СНГ- 2018. Статистический сборник. <https://new.cisstat.org/>.
8. Салимова А.Т., Алиев И.О. Развитие градостроительной науки Азербайджана в советский период. «Архитектура и Строительство России», №4, 2021. с. 14-21.
9. Углубленный обзор политики Азербайджана в области энергоэффективности. Секретариат энергетической хартии. Brussels, Belgium, 2013. -123с.
10. Эфендиев В.А., Нагиев С.К. Социально-демографическая стратификация городского населения Баку. АМЕА Хəbərlər. Yer elmləri. –Bakı, 2011, s. 103-106.
11. Эфендизаде Р. М. Архитектура Советского Азербайджана : монография. -Баку: 1986. -316с.

12. Эфендизаде Р.М. Планировка и застройка жилых районов Баку: 1920-1967 гг. –Баку, 1971, -125с.
13. <https://budexport.by/azerbaijan/>
14. <https://caliber.az/post/218729/>
15. <https://stm.az/index.php?ln=ru&pg=8&EntID=308>
16. <https://suz.cisstat.org/>

**AZƏRBAYCANDA “YAŞIL TİKİNTİ” KONTEKSTİNDƏ YAŞAYIŞ FONDUNUN
SERTİFİKASİYALAŞDIRILMASININ AKTUALLIĞI** (*ekologiya, energetika, urbanizasiya*)
mem üzrə f.d. Səlimova A.T. Azərbaycan İnşaat və Memarlıq Elmi-Tədqiqat İnstitutu

Xülasə: Məqalədə enerji səmərəliliyinin, ekoloji təhlükəsizliyin və mənzil keyfiyyətinin yüksəldilməsi məqsədilə Azərbaycanda yaşayış fondunun milli sertifikatlaşdırma sisteminin yaradılmasının zəruriliyi nəzərdən keçirilir, müxtəlif seriyalı yaşayış binaları və beynəlxalq sertifikatlaşdırma standartları təhlil edilir. “Yaşıl tikintinin” tətbiqinə və şəhər ərazilərinin dayanıqlı inkişafına şərait yaradan əsas meyarların ölkənin iqlim, sosial və iqtisadi xüsusiyyətlərinə uyğunlaşdırılması üçün yanaşmalar təklif olunur.

Açar sözlər: yaşayış fondu, sertifikatlaşdırma, enerji səmərəliliyi, dayanıqlı inkişaf.

**THE RELEVANCE OF HOUSING STOCK CERTIFICATION IN THE CONTEXT OF “GREEN
BUILDING” IN AZERBAIJAN** (*ecology, energy, urbanization*)

PhD in architecture Salimova A.T. Azerbaijan Scientific Research Institute of Construction and Architecture

Summary: The article examines the necessity of establishing a national housing stock certification system in Azerbaijan to improve energy efficiency, environmental safety, and housing quality. Historical typical residential series and international certification standards are analyzed. Approaches are proposed for adapting key criteria to the country’s specific climatic, social, and economic conditions, thereby facilitating the implementation of “green building” practices and the sustainable development of urban areas.

Keywords: housing stock, certification, energy efficiency, sustainable development.

УДК 711.4

DOI.org/https://doi.org/10.30546/3106-4817.2025.03.218

УРБАНИСТИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ КАРАБАХСКОГО И ВОСТОЧНО-ЗАНГЕЗУРСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКИХ РАЙОНОВ И РОЛЬ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КАК СТРАТЕГИЧЕСКОГО ФАКТОРА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ*докторант Махмудов Р.Р. Азербайджанский Университет Архитектуры и Строительства**E-mail: Rashadmahmudov23@gmail.com*

Аннотация: Одним из ключевых факторов в развитии возобновляемой энергетики сегодня выступает принцип энергоэффективности, который обеспечивает рациональное использование ресурсов и формирование устойчивой городской среды. В данной статье энергоэффективность рассматривается как стратегический элемент устойчивого развития в процессе урбанистической трансформации Карабахского и Восточно-Зангезурского экономических районов. Теоретическая часть статьи опирается на концепции устойчивого развития и международный опыт внедрения энергосберегающих технологий, включая международные практики [6, с.134-142]. В свою очередь Карабахский и Восточно-Зангезурский экономические районы выступают не только экологическим приоритетом, но и ключевым социально-экономическим ресурсом, определяющим качество жизни населения и долгосрочную устойчивость в процессе урбанистической трансформации. Дополнительно рассматриваются национальные стратегии и нормативно-правовые инициативы, направленные на формирование «зелёной экономики» [8], а также приводятся примеры пилотных проектов, реализуемых в азербайджанских городах. В условиях постконфликтного восстановления Карабахского и Восточно-Зангезурского регионов энергоэффективность выступает не только инструментом снижения эксплуатационных расходов, но и механизмом повышения устойчивости городской среды к климатическим и социально-экономическим вызовам [4,8].

Ключевые слова: энергоэффективность, устойчивое развитие, урбанистика, постконфликтное восстановление, зеленая экономика.

Обеспечение разумного использования энергетических ресурсов и снижение вреда окружающей среде становятся все более важными аспектами современных моделей городского развития. В этих условиях энергоэффективность рассматривается как один из ключевых принципов устойчивого развития, позволяющий одновременно решать экологические, социальные и экономические задачи. Для Азербайджана проблема энергоэффективности имеет стратегическое значение, поскольку страна активно реализует курс на «зелёную экономику» и развитие возобновляемых источников энергии. Особенно актуальным данный вопрос становится в Карабахском и Восточно-Зангезурском экономических районах, где процессы постконфликтного восстановления требуют внедрения инновационных архитектурно-планировочных и инженерных решений. Целью исследования является анализ роли энергоэффективности в формировании устойчивой городской среды региона и выявление перспектив её дальнейшего развития.

Энергоэффективность определяется как оптимальное использование энергоресурсов для обеспечения заданного уровня комфорта, производительности и качества жизни при минимальных затратах. В научной литературе данный принцип рассматривается не только как технический подход к снижению потребления энергии, но и как фундаментальная категория устойчивого развития, связывающая воедино экологическую устойчивость, экономический рост и социальное благополучие общества. Согласно данным, программа ООН по населённым пунктам (ООН-Хабитат), повышение энергоэффективности в городах способно сократить выбросы парниковых газов до 40%, существенно снизить эксплуатационные расходы на содержание зданий и инфраструктуры, а также уменьшить нагрузку на системы энергообеспечения [5, с.3]. Кроме того, энергоэффективные меры в строительстве и градостроительстве рассматриваются как ключевой инструмент борьбы с

изменением климата и повышения устойчивости городов к внешним экологическим и экономическим вызовам.

Практическое значение энергоэффективности проявляется в широком спектре направлений: от внедрения теплоизоляционных материалов и «умных» инженерных систем до развития возобновляемых источников энергии и цифровых технологий управления энергопотреблением. В урбанистической перспективе это означает не только снижение энергозависимости и эксплуатационных затрат, но и создание комфортной, здоровой и экологически устойчивой городской среды.

Таким образом, энергоэффективность можно рассматривать как стратегический фактор, который формирует долгосрочные основы развития городской инфраструктуры и напрямую влияет на конкурентоспособность регионов, их социальную стабильность и качество жизни населения.

Международный опыт.

Опыт восстановления территорий после вооружённых конфликтов и кризисов демонстрирует, что такие регионы могут превращаться в площадки для внедрения инновационных технологий и устойчивых градостроительных практик [7, с.12-13]

После военных конфликтов 1990-х годов ряд городов Боснии и Герцеговины использовали восстановление как возможность перехода на новые стандарты строительства. В частности, в Сараево и Мостаре применялись энергосберегающие технологии в жилом секторе, активно внедрялись солнечные коллекторы и локальные системы отопления. Международные организации Европейский союз (ЕС) и Программа развития Организации Объединённых Наций (ПРООН) рассматривали эти города как «пилотные полигоны» для демонстрации энергоэффективных решений в условиях ограниченных ресурсов [1, с. 1-4].

После кризиса 90-х годов прошлого столетия столица Руанды город Кигали была перестроена с акцентом на устойчивое развитие и экологическую безопасность. В Кигали развивались проекты по использованию возобновляемых источников энергии, созданию «зелёных поясов» и внедрению энергоэффективного общественного транспорта. Этот подход позволил городу стать примером устойчивой урбанистики в Африке.

Скандинавские страны (Дания, Швеция, Норвегия) хотя они не являются постконфликтными регионами, также активно использовали стратегические моменты модернизации для внедрения «зелёных» технологий [3, с.11–13,58]. Копенгаген, например, стал одним из первых городов, где повсеместно внедрены «умные» системы освещения, велоинфраструктура и локальная энергетика на основе ветровой энергии. Эти практики часто рассматриваются как модель для новых и восстанавливаемых территорий.

Опыт Европейского союза, Скандинавских стран и Африки показывает, что энергоэффективность успешно интегрируется в градостроительную политику через:

- использование «умных» энергосетей (Smart Grid)
- применение высокоэффективных строительных материалов
- развитие общественного транспорта с низким уровнем выбросов
- внедрение возобновляемых источников энергии в жилом секторе

Эти практики особенно актуальны для постконфликтных территорий, где восстановление городов сопряжено с необходимостью модернизации всей инженерной инфраструктуры.

Энергетический потенциал Карабахского и Восточно-Зангезурского регионов.

Многие города Карабахского и Восточно-Зангезурского экономических районов получили серьёзные разрушения в результате конфликта. Нарушена система инженерных коммуникаций, разрушены жилые кварталы и общественные здания. В этих условиях возникает уникальная возможность для применения энергоэффективных решений «с нуля», что выгодно отличает регион от старых урбанизированных территорий [8].

Энергетическая стратегия постконфликтных регионов играет ключевую роль в обеспечении долгосрочном устойчивом восстановлении, а также в формировании новой модели урбанистического развития. Для Карабахского экономического района, пережившего масштабные разрушения, вопрос энергоснабжения и внедрения энергоэффективных технологий становится неотъемлемой частью общей программы социально-экономической реинтеграции и пространственной трансформации. В условиях глобальной повестки, ориентированной на сокращение выбросов и переход к возобновляемым источникам энергии, Азербайджан рассматривает территории Карабахского экономического района как стратегический плацдарм для апробации «зелёной экономики» и создания зоны «чистого нулевого выброса».

Предварительные исследования выявили значительный технический потенциал для развития возобновляемой энергетики в Карабахском и Восточно-Зангезурском экономических районах [9]:

Технический потенциал для развития возобновляемой энергетики в Карабахском и Восточно-Зангезурском экономических районах

Таблица 1.

Солнечная энергия	Ветроэнергетика	Гидроэнергетика
<i>В районах Губадлы, Зангилан, Джебраил и Физули потенциал солнечной генерации оценивается более чем в 7200 МВт, что делает эти территории одними из наиболее перспективных в стране</i>	<i>В горных зонах Лачина и Кельбаджара определён технический потенциал ветровой энергии в объёме около 2000 МВт, что открывает широкие возможности для строительства современных ветряных парков</i>	<i>Существенные ресурсы сосредоточены в бассейне рек Тертерчай и Хакяри, а также их притоках, что позволяет развивать малую и среднюю гидроэнергетику</i>

Таким образом, регион обладает диверсифицированным и сбалансированным потенциалом, который может обеспечить энергетическую независимость и устойчивое развитие в долгосрочной перспективе.

Формирование современной энергетической инфраструктуры и обеспечение энергетической безопасности рассматриваются как ключевые направления восстановления Карабахского экономического района. Развитие энергетического сектора здесь приобретает стратегическое значение, так как оно одновременно решает две задачи: ликвидацию последствий разрушений и создание принципиально новой модели устойчивого развития региона.

В 2021–2022 гг. были восстановлены и введены в эксплуатацию четыре гидроэлектростанции общей мощностью 20,2 МВт, которые обеспечили первые реальные шаги в формировании локальной возобновляемой генерации *area gov*. Эти объекты, хоть и сравнительно небольшие по мощности, играют ключевую роль в обеспечении энергетической автономии отдельных районов, создавая основу для последующего масштабирования более крупных проектов. В 2024 году 19 мая прошла церемонии открытия гидроэлектростанций «Худаферин», построенной на реке Арас с участием президентов Азербайджанской Республики и Исламской Республики Иран, общей мощностью 140 МВт — «Худаферин» (100 МВт) и «Гыз Галасы» (40 МВт) [10]. Эти объекты имеют стратегическое значение, поскольку не только укрепляют энергетическую безопасность страны, но и способствуют развитию приграничных территорий, стимулируя их социально-экономическую активность. Энергоэффективность в контексте экономических регионов Карабаха и Восточного Зангезура следует рассматривать не только как технологическую или инженерную задачу, но и как стратегическую основу городского планирования и устойчивого восстановления.

**Гидроэлектростанции Карабахского и
Восточно-Зангезурского экономических районов**

Таблица 2.

<i>Станция</i>	<i>Регион</i>	<i>Река / водоём</i>	<i>Мощность</i>
«Гюлебирд» ГЭС	Лачинский район	Хакари	8,0МВт
«Суговушан-1» МГЭС	Тертерский район	Тертерчай	4,8МВт
«Суговушан-2» МГЭС	Тертерский район	Тертерчай	3,0МВт
«Кельбаджар-1» МГЭС	Кельбаджарский район	Товарсучай (приток Тертерчая)	4,4МВт
«Худаферин» ГЭС	Джебраильский район	Араз	100 МВт
«Гыз Галасы» ГЭС	Джебраильский район	Араз	40 МВт

Постконфликтное восстановление этих территорий предоставляет уникальную возможность для создания новой городской среды, где энергоэффективность интегрирована в стратегии зонирования, архитектурные стандарты, транспортные системы и цифровую инфраструктуру, что соответствует принципам устойчивого урбанизма.

Такие города, как Агдам, Физули, Джебраил и Зангилян, которые были практически полностью разрушены, сейчас перестраиваются, ориентируясь на энергоэффективность. Генеральные планы делают акцент на компактных формах, многофункциональном зонировании и проектировании с ориентацией на солнечную энергию, что снижает потребление энергии на отопление и освещение. Интегрируя энергоэффективные городские формы с самого начала, обеспечивается долгосрочная устойчивость восстановленных городов и минимизируется воздействие на окружающую среду.

В Джебраиле и Зангиляне планировщики интегрируют зелёные пояса и речные коридоры в энергоэффективное городское проектирование. Экологическая роль рек Хакари и Тертер, а также лесных склонов в Кельбаджаре и Лачине, способствует естественной вентиляции, регулированию температуры и улучшению качества воздуха. Эти экологические стратегии, основанные на энергоэффективности, снижают нагрузку на систему охлаждения летом, смягчают эффект «городского острова тепла» и повышают устойчивость к изменению климата. В Шуше, Лачине и Кельбаджаре, где горный рельеф затрудняет передвижение, городское планирование включает энергоэффективные транспортные решения. Общественный транспорт с низким уровнем выбросов, пешеходные коридоры и велосипедные дорожки снижают зависимость от личных автомобилей и расход топлива. Внедрение принципов энергоэффективности в планирование транспорта не только снижает выбросы, но и приводит к более устойчивому и здоровому образу жизни.

Энергоэффективный транспорт означает приоритет общественного транспорта, создание инфраструктуры для велосипедов и пешеходов, а также внедрение гибридных и электрических транспортных систем в городскую систему. Это делает нас менее зависимым от добычи топлива, а также снижает количество выбросов углекислого газа и других загрязнителей, которые напрямую влияют на качество воздуха. Кроме воздействия на окружающую среду, эти действия полезны для здоровья населения, поскольку снижают уровень шума и загрязнения воздуха. Энергоэффективное транспортное планирование сокращает транспортную изоляцию уязвимых групп населения и обеспечивает равный доступ к городским услугам и пространствам.

Подобные подходы помогают городам адаптироваться к современным проблемам, таким как рост урбанизации и изменение климата, с точки зрения устойчивого развития. Энергоэффективный транспорт способствует созданию компактных, связанных и удобных городов, где транспортная система становится не только средством перемещения, но и важной частью социального, экономического и экологического благополучия.

Решения по устойчивому развитию для городов Карабахского и Восточно-Зангезурского экономических районах Таблица 3.

Город	Отличительная черта	Устойчивое решение
<i>Агдам, Физули</i>	<i>Почти полностью разрушенные города</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● компактная застройка ● энергоэффективное зонирование ● «умная» инфраструктура.
<i>Джебраил, Зангилан</i>	<i>Города с речными коридорами</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● энергоэффективный транспорт ● низко эмиссионная мобильность ● использование рельефа для пассивного проектирования
<i>Шуша, Лачин, Кельбаджар</i>	<i>Горные города</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● интеграция речных коридоров ● естественное охлаждение и вентиляция.

Выводы

Совокупность реализуемых и планируемых проектов подтверждает стремление Азербайджана интегрировать экологические и инновационные подходы в процесс урбанистической трансформации Карабахского региона. При этом энергетический сектор выступает драйвером более широких преобразований, охватывающих градостроительное планирование, транспорт, промышленность и сферу услуг. В долгосрочной перспективе эти инициативы позволят превратить регион в пример устойчивого восстановления и «умного» развития, где принципы энергоэффективности и экологичности будут заложены в основу всей городской инфраструктуры.

Энергоэффективность в Карабахском и Восточно-Зангезурском регионах является не только экологическим приоритетом, но и стратегическим социально-экономическим фактором. Внедрение возобновляемых источников энергии, энергосберегающих технологий и инновационных градостроительных решений позволяет рассматривать регион как модель устойчивого развития и «зелёной урбанистики» [2, с. 1-2].

Использованная литература

1. ESMAP (World Bank). Good Practices in City Energy Efficiency: Mostar, Bosnia and Herzegovina – Post-Conflict Water and Sewerage Rehabilitation Project, 2011, p. 1-4.
2. Ismayilov Vilayat Ibrahim. “Azerbaijan’s Strategy for the Development of a Green Economy.” Khazar Journal of Management and Social Sciences 7, no.1, 2024, pp. 1–2.
3. OECD. The Circular Economy in Umeå, Sweden. Paris: OECD Publishing, 2020 pp. 11–13, 58.
4. UNECE. Guidelines on Energy Efficiency Standards in Buildings in the UNECE Region. Geneva: United Nations Economic Commission for Europe, 2021.
5. UN-Habitat. Low Carbon and Resilient Basic Services and Buildings. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme, 2020, p. 3.
6. UN-Habitat. World Cities Report: The Value of Sustainable Urbanization. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme, 2020, pp. 134-142.
7. Vale L., & Campanell T. (eds.). The Resilient City: How Modern Cities Recover from Disaster. Oxford University Press, 2019, p. 12-13.
8. World Bank. Azerbaijan Energy Sector Review: Toward Renewable Energy Transition. Washington, DC: World Bank, 2020.
9. https://minenergy.gov.az/az/enerji-semereliliyi/azerbaycan-respublikasinin-enerji-semereliliyi-siyaseti_517.
10. <https://www.eesi.org/topics/energy-efficiency/description>.

QARABAĞ VƏ ŞƏRQİ ZƏNGƏZUR İQTİSADI RAYONLARININ URBANİSTİK TRANSFORMASIYASI VƏ DAYANIQLI İNKİŞAFDA STRATEJİ AMİL KİMİ ENERJİ SƏMƏRƏLİLİYİNİN ROLU

doktorant Mahmudov R.R. Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti

Xülasə: Müasir dövrdə bərpa olunan enerji sahəsinin inkişafında əsas amillərdən biri resursların səmərəli istifadəsini və dayanıqlı şəhər mühitinin formalaşmasını təmin edən enerji səmərəliliyi prinsipidir. Bu məqalədə enerji səmərəliliyi Qarabağ və Şərqi Zəngəzur iqtisadi rayonlarının urbanistik transformasiyası prosesində dayanıqlı inkişafın strateji elementi kimi nəzərdən keçirilir. Məqalənin nəzəri hissəsi dayanıqlı inkişaf konsepsiyalarına və enerjiyə qənaət texnologiyalarının tətbiqi üzrə beynəlxalq təcrübəyə əsaslanır. Qarabağ və Şərqi Zəngəzur iqtisadi rayonları isə yalnız ekoloji prioritet kimi deyil, həm də əhəlinin həyat keyfiyyətini və urbanistik transformasiya prosesində uzunmüddətli dayanıqlığı müəyyən edən əsas sosial-iqtisadi resurs kimi qiymətləndirilir. Əlavə olaraq, “yaşıl iqtisadiyyat”ın formalaşdırılmasına yönəlmiş milli strategiyalar və normativ-hüquqi təşəbbüslər, həmçinin Azərbaycanın şəhərlərində həyata keçirilən pilot layihələrin nümunələri təhlil olunur. Postmünaqişə dövründə Qarabağ və Şərqi Zəngəzur regionunun bərpa şəraitində enerji səmərəliliyi təkcə istismar xərclərin azaldılması vasitəsi kimi deyil, həm də şəhər mühitinin iqlim və sosial-iqtisadi çağırışlara qarşı dayanıqlılığının artırılması mexanizmi kimi çıxış edir.

Açar sözlər: enerji səmərəliliyi, dayanıqlı inkişaf, urbanistika, post-konflikt bərpa, yaşıl iqtisadiyyat

URBAN TRANSFORMATION OF KARABAKH AND EASTERN ZANGEZUR ECONOMIC REGIONS AND THE ROLE OF ENERGY EFFICIENCY AS A STRATEGIC FACTOR OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Ph.D. student Mahmudov R.R. Azerbaijan University of Architecture and Construction

Summary: In the modern era, one of the main factors in the development of the renewable energy sector is the principle of energy efficiency, which ensures the efficient use of resources and the formation of a sustainable urban environment. This article examines energy efficiency as a strategic element of sustainable development in the process of the urban transformation of Karabakh and Eastern Zangezur economic regions. The theoretical part of the article is based on concepts of sustainable development and international experience in the application of energy-saving technologies. Karabakh and Eastern Zangezur economic regions are assessed not only as an environmental priority but also as a key socio-economic resource that determines the quality of life of the population and long-term sustainability in the urban transformation process. Additionally, the analysis covers national strategies and legal initiatives aimed at forming a "green economy," as well as examples of projects implemented in Azerbaijani cities. In the context of the post-conflict reconstruction of Karabakh and Eastern Zangezur economic regions, energy efficiency acts not only as a means of reducing operating costs but also as a mechanism for increasing the resilience of the urban environment to climate and socio-economic challenges.

Key words: energy efficiency, sustainable development, urban planning, post-conflict recovery, green economy.

EKOLOGIYA

UOT 69.502.17 DOI.org/https://doi.org/10.30546/3106-4817.2025.03.221
QARABAĞ VƏ ŞƏRQİ ZƏNGƏZUR ÜÇÜN “YAŞIL İNKİŞAF YOL XƏRİTƏSİ”

iqt. üzrə f.d. Eldar Nuriyev, dissertant Nərmin Seyidova¹

¹ORCID ID: 0009-0003-5486-5982

Azərbaycan İnşaat və Memarlıq ETİ

Xülasə: Məqalədə Qarabağ və Şərqi Zəngəzur iqtisadi rayonlarının işğaldan azad olunmasından sonra bərpası və davamlı inkişafı, “Yaşıl Enerji Zonası” strategiyası və yaşıl iqtisadiyyatın tətbiqi mövzusu araşdırılır. Regionun enerji, kənd təsərrüfatı, sənaye, turizm və sosial infrastrukturunu üçün ekoloji və sosial-iqtisadi prinsiplərə əsaslanan inkişaf imkanları, həmçinin beynəlxalq təcrübələr, bərpa olunan enerji, ekoturizm və ekoloji siyasət vasitəsilə iqtisadi və sosial sabitliyin təminatı müzakirə olunur. Məqalə həmçinin Qarabağın enerji potensialı, ekoloji göstəricilər, sosial və iqtisadi indikatorlar və regionun uzunmüddətli dayanıqlı inkişaf strategiyasını vurğulayır.

Açar sözlər: yaşıl enerji, yaşıl iqtisadiyyat, ekoloji təhlükəsizlik.

Qarabağ və Şərqi Zəngəzur iqtisadi rayonları Azərbaycanın ən zəngin təbii resurslara və strateji coğrafi mövqeyə malik bölgələrindən biridir. İşğaldan azad edildikdən sonra bu ərazilərin bərpası və inkişafı dövlət siyasətinin prioritet istiqamətləri sırasına daxil edilmişdir. Xüsusilə, Azərbaycan Respublikası Prezidentinin “Azərbaycan Respublikasının işğaldan azad edilmiş ərazilərində “yaşıl enerji” zonasının yaradılması ilə bağlı tədbirlər haqqında” 3 may 2021-ci il tarixli Sərəncamı ilə bu əraziləri “Yaşıl Enerji Zonası” elan etməklə, regionun post-konflikt bərpasını dayanıqlı inkişaf konsepsiyası üzərində qurmaq niyyətini ortaya qoymuşdur.

Bu yanaşma yalnız enerji sektorunun deyil, həm də kənd təsərrüfatı, sənaye, turizm və sosial infrastrukturun ekoloji prinsiplərə əsaslanan inkişafını nəzərdə tutur.

Azərbaycan öz ərazi bütövlüyünü təmin etdikdən sonra yeni dövrünü yaşayır.

2025-ci ilin fevral ayında Bakı şəhərində keçirilmiş Cənub Qaz Dəhlizi Məşvərət Şurası çərçivəsində nazirlərin 11-ci və Yaşıl Enerji Məşvərət Şurası çərçivəsində nazirlərin 3-cü iclasları Azərbaycanın enerji diplomatiyasında növbəti mühüm mərhələni təşkil etmişdir. Bu iki beynəlxalq tədbir ölkənin həm ənənəvi enerji resurslarının ixracında, həm də bərpa olunan enerji potensialının inkişafında strateji mövqeyini bir daha nümayiş etdirmişdir.

United Nations Environment Programme (UNEP) – Birləşmiş Millətlər Təşkilatının Ətraf Mühit Proqramı və Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) – İqtisadi Əməkdaşlıq və İnkişaf Təşkilatı kimi beynəlxalq təşkilatların təcrübəsi göstərir ki, münafiqədən sonrakı bölgələrdə yaşıl iqtisadiyyat modellərinin tətbiqi həm bərpa proseslərini sürətləndirir, həm də ətraf mühitə minimal təsirlə iqtisadi artımı dəstəkləyir.

UNEP ölkələrin iqtisadi artımı ətraf mühitin mühafizəsi ilə uzlaşdırmaq üçün yaşıl iqtisadiyyat modelini təqdim etmişdir. Bərpa olunan enerji, ekoloji kənd təsərrüfatı, təmiz istehsal və ekoturizmə investisiya həm iqtisadi, həm də sosial sabitlik yaradır. Qarabağın “Yaşıl Enerji Zonası” elan olunması UNEP-in enerji keçidi strategiyası ilə üst-üstə düşür.

OECD, UNEP “yaşıl böyümə” və ya “yaşıl iqtisadiyyat”ı ekoloji təhlükəsizliyi təmin edən mal və xidmətlərin istehsal və istehlakını, həmçinin yaşıl inkişafa yatırılan investisiyaları bir anlayış olaraq təyin edirlər. Bu baxışda ekoloji davamlılıq təmin edilərkən iqtisadi inkişaf, gəlir artımı, məşğulluq və yoxsulluğun azaldılması düşünülür.

Davamlı inkişaf anlayışının təməlinə yaşadığımız dünyanın iqtisadi və sosial rifahı durur. Bugün dünyada insanın yaşaması üçün bütün növ mal və xidmətlərin istehsalı sağlam ekosistemlər sayəsində mümkündür. Təsadüfi deyildir ki, bugün bütün dünya ölkələri məhz dayanıqlı inkişafa nail olmağa çalışırlar. Bununla əlaqədar olaraq, davamlı inkişaf konsepsiyası meydana gəlmişdir və onun əsas ideyası sosial-iqtisadi və ekoloji inkişafın qarşılıqlı bağlılığı üçün şərait və mexanizmlərin yaradılması, təbii mühitin problemlərinin sosial-iqtisadi proseslərlə vəhdətdə baxılmasıdır. “Davamlı inkişafın yol xəritəsi”nin sxemi şəkil 1-də verilmişdir.

Bu gün Azərbaycan 12 ölkəyə təbii qaz ixrac edir ki, bunlardan 10 ölkə Avropa ölkəsidir (İtaliya, Yunanıstan, Bolqarıstan, Serbiya, Rumıniya, Macarıstan, Slovakiya, Xorvatiya, Sloveniya, Şimali Makedoniya). Qeyd etmək lazımdır ki, 2024-cü ildə Azərbaycan xarici bazarları 25 milyard kubmetr həcmində qaz ilə təchiz etmişdir. 2022-ci ildə Avropa İttifaqı ilə Azərbaycan arasında Bakıda imzalanmış energetika sahəsində strateji tərəfdaşlıq Bəyannaməsi bunun əyani təzahürüdür.



Şəkil 1. Davamlı inkişafın yol xəritəsi

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti İlham Əliyevin cari ilin avqustun 30-da Çin Xalq Respublikasına səfəri və sentyabrın 1-də Şanxay Əməkdaşlıq Təşkilatının “ŞƏT plus” formatında toplantısında çıxışı əsasən üç istiqamət üzrə diqqət çəkir: yaşıl enerji, rəqəmsal texnologiyalar və nəqliyyat-tranzit imkanlarının genişləndirilməsi.

Çin “yaşıl iqtisadiyyat” və “ağıllı enerji” texnologiyaları sahəsində dünya miqyasında lider mövqedədir. Çin şirkətləri günəş, külək və su enerjisi texnologiyalarının tətbiqi, eyni zamanda karbon emissiyalarının azaldılması istiqamətində böyük təcrübəyə malikdir. Azərbaycanın son illərdə həyata keçirdiyi “Yaşıl enerji zonası” strategiyası, xüsusilə Qarabağ və Şərqi Zəngəzur iqtisadi rayonlarında reallaşdırılan layihələr bu təcrübənin tətbiqi üçün əlverişli platforma yaradır. Bu, iki ölkə arasında bərpa olunan enerji istehsalı, ekoloji texnologiyaların transferi və davamlı inkişaf sahəsində qarşılıqlı faydalı əməkdaşlığa şərait yaradır.

Nəticə etibarilə, Prezidentin Çin səfəri Azərbaycan üçün strateji əhəmiyyət kəsb edir. Bu əməkdaşlıq bir tərəfdən ölkənin enerji sektorunda dayanıqlı inkişafını təmin etməyə, digər tərəfdən isə ekoloji təhlükəsizliyi gücləndirməyə yönəlmişdir. Səfərin nəticələri, həmçinin beynəlxalq miqyasda Azərbaycanın iqlim dəyişiklikləri ilə mübarizədə fəal tərəfdaş kimi mövqeyini möhkəmləndirir.

Zəngəzur dəhlizinin yaradılması layihəsinin birbaşa müəllifi olan İlham Əliyev müharibədən sonra iştirak etdiyi bütün beynəlxalq tədbirlərdə, görüşlərdə dost və strateji tərəfdaş olan ölkələri, xüsusən də Türk Şurasının, İqtisadi Əməkdaşlıq Təşkilatının üzvlərini bu dəhlizin yaradılması prosesinə töhfə verməyə dəvət etmişdir.

Prezident işğaldan azad edilmiş torpaqlarımızda həyata keçirilən layihələr barədə tərəfdaş ölkələri məlumatlandıraraq qeyd etmişdir ki, əksər istiqamətlərdəki yenidənqurma prosesi çərçivəsində “ağıllı şəhər”, “ağıllı kənd” və “yaşıl enerji” konsepsiyalarından istifadə olunacaq.

Yaşıl iqtisadiyyatın tətbiqi Qarabağ üçün iki əsas strateji məqsəd daşıyır:

1. Regionun enerji müstəqilliyini təmin etmək və ekoloji təmiz enerji istehsalını artırmaq;
2. Qarabağı Cənubi Qafqazda yaşıl innovasiya mərkəzinə çevirməklə, uzunmüddətli sosial-iqtisadi dayanıqlığı təmin etmək.

Dövlətin “Yaşıl Enerji Zonası” strategiyası, beynəlxalq investisiya marağının artması və ekoturizm potensialı regionun gələcək inkişafında mühüm rol oynaya biləcək əsas istiqamətlər kimi qiymətləndirilir. Bu strategiya Qarabağı bərpa olunan enerji mərkəzinə çevirmək məqsədi daşıyır və

alternativ mənbələrin istifadəsini stimullaşdırır. Beynəlxalq investisiya marağının güclənməsi isə həm texnoloji transferin, həm də maliyyə resurslarının bölgəyə cəlb olunmasını asanlaşdırır. Eyni zamanda, Qarabağın təbii landşaftı, biomüxtəlifliyi və mədəni irsi ekoturizmin inkişafı üçün əlverişli zəmin yaradır ki, bu da iqtisadi gəlirliliyin artırılması ilə yanaşı, ekoloji tarazlığın qorunmasına xidmət edir.

Qarabağ və Şərqi Zəngəzur ərazilərində hidroenerji, günəş, külək və geotermal enerji potensialı böyükdür. Bu ərazilərdə Azərbaycanın daxili su ehtiyatlarının təxminən 25%-i formalaşır və bu da illik 2,56 milyard kub metr təşkil edir. Ümumi gücü 44 MVt olan 4 ədəd SES və 226 MVt olan 28 ədəd KSES (kiçik su elektrik stansiyası) yenidən qurulmuş və ya inşa edilmişdir. Bu stansiyalar il ərzində 600 milyon kilovat-saatdan çox “yaşıl enerji” istehsal edəcək ki, bu da 160 milyon kub metr təbii qaza qənaət edilməsi və atmosfərə atılan 330 min ton karbon qazının azalması deməkdir.

Zəngilan, Cəbrayıl, Qubadlı və Füzuli ərazisində müşahidə edilən günəş radiasiyası Naxçıvan MR-da müşahidə edilən günəş radiasiyasından sonra ölkə üzrə ən əlverişli ikinci regiondur. Topoqrafiya, iqlim şəraiti, şəbəkəyə yaxınlıq, enerji istehsalı potensialı, nəqliyyat infrastrukturunu və digər texniki faktorların müqayisəli təhlili əsasında günəş enerjisi layihələri üçün Cəbrayıl və Zəngilan rayonlarının ərazisi məqsədəuyğun hesab edilmişdir. Laçın və Kəlbəcərin dağlıq hissələrində külək, Kiçik Qafqazın dağlıq hissəsində geotermal enerji potensialı əlverişlidir.

“Laçın” qovşaq yarımstansiyası, “Laçın” şəhər və “Qorçu” yarımstansiyası, “Mişni” və “Alxaslı”, “Zabux” və “Qarıqışlaq” KSES, “Aşağı Malıbəy” və “Mirik” SES-da ən müasir avadanlıqlar quraşdırılmış, optik kabel xətləri çəkilmişdir. “Aşağı Malıbəy” və “Mirik” SES-lərdə il ərzində 20 milyon kilovat-saat yaşıl enerjinin istehsalı nəzərdə tutulub ki, bu da öz növbəsində 4,3 milyon kub metr təbii qaza qənaət etməyə şərait yaradacaq, il ərzində 8 min ton karbon qazının atmosfərə atılmasının qarşısını alacaqdır.

Bununla belə, uzunmüddətli işğal dövründə regionda infrastrukturun məhdud inkişafı, genişmiqyaslı minalanmış sahələrin mövcudluğu və əhalinin geri dönüş prosesinin hələ tam başa çatmaması Qarabağda yaşıl iqtisadiyyat modelinə keçid imkanlarını əhəmiyyətli dərəcədə zəiflədən amillər sırasına daxildir. Bu məhdudiyətlər yalnız ekoloji və iqtisadi deyil, həm də sosial və humanitar səciyyə daşıyır.

Azərbaycan hökumətinin “yaşıl enerji zonası” konsepsiyası, beynəlxalq tərəfdaşlıq mexanizmləri və regional bərpa layihələri göstərir ki, mövcud çətinliklərə baxmayaraq, Qarabağın yaşıl iqtisadiyyata inteqrasiyası üçün institusional və praktiki imkanlar mövcuddur.

Yaşıl iqtisadiyyatın Qarabağda uğurlu tətbiqi təkcə ekoloji və iqtisadi amillərlə deyil, həm də sosial göstəricilərlə sıx bağlıdır. Əhalinin məşğulluq səviyyəsi, sağlamlıq göstəriciləri, təmiz su və enerji təminatı regionun dayanıqlı inkişafı baxımından əsas sosial indikatorlar hesab olunur. Məşğullüğün artırılması həm sosial rifahın təminatına, həm də qeyri-rəsmi əmək bazarının daralmasına şərait yaradır. Sağlamlıq göstəricilərinin yaxşılaşdırılması ekoloji təhlükəsizliklə birbaşa bağlıdır, çünki minalanmış ərazilərin təmizlənməsi, suyun keyfiyyəti və hava çirkliliyinin azaldılması ictimai sağlamlıq üçün həlledici faktor rolunu oynayır. Təmiz su və enerji təminatı isə həm məskunlaşmanın sabitliyini, həm də ekoloji məsuliyyət daşıyan iqtisadi fəaliyyətlərin inkişafını stimullaşdırır.

Beləliklə, Qarabağda yaşıl iqtisadiyyat modelinə keçid yalnız enerji və infrastruktur layihələri ilə məhdudlaşmamalı, sosial indikatorların da nəzərə alındığı kompleks yanaşma əsasında həyata keçirilməlidir.

Qarabağda yaşıl iqtisadiyyatın inkişaf istiqamətləri eyni zamanda iqtisadi indikatorlarla da ölçülməlidir. Bərpa olunan enerji istehsalının ümumi enerji balansında payı, ekoloji kənd təsərrüfatı məhsullarının ixrac potensialı və yaşıl texnologiyalara yönələn investisiya həcmi bu kontekstdə əsas göstəricilər kimi çıxış edir. Bərpa olunan enerji istehsalının artması enerji təhlükəsizliyinin güclənməsi ilə yanaşı, karbon emissiyalarının azalmasına da xidmət edir. Ekoloji kənd təsərrüfatı məhsullarının ixrac potensialı isə həm regionun iqtisadi diversifikasiyasını, həm də beynəlxalq

bazarlara inteqrasiyasını dəstəkləyir. Yaşıl texnologiyalara cəlb olunan investisiyaların həcmi isə həm yeni iş yerlərinin açılmasına, həm də innovativ yanaşmaların tətbiqinə imkan yaradır.

Bu indikatorların izlənməsi Qarabağda yaşıl iqtisadiyyatın inkişaf tempini qiymətləndirmək və gələcək strategiyaları formalaşdırmaq baxımından mühüm əhəmiyyət daşıyır.

Beləliklə, cənab Prezident İlham Əliyevin verdiyi sərəncamlarda ölkədə “yaşıl enerji”yə keçid misli görülməmiş sürətlə həyata keçirilir. Fərəhlə qeyd etmək lazımdır ki, Naxçıxan Muxtar Respublikası, Qarabağ və Şərqi Zəngəzur iqtisadi rayonlarının 2040-cı ilə qədər tam “yaşıl enerji”yə keçidi təmin ediləcək və bu ümumi enerjinin 40%-ni təşkil edəcək.

Nəticələr

1. Enerji potensialı yüksəkdir. Qarabağ və Şərqi Zəngəzur iqtisadi rayonları günəş, külək və hidroenerji mənbələri baxımından Azərbaycanın ən zəngin bölgələrindəndir. Aparılan təhlillər göstərir ki, regionun elektrik enerjisi tələbatı yalnız bərpa olunan enerji ilə tam ödənilə bilər.
2. Kənd təsərrüfatı üçün yaşıl model zəruridir. Su resurslarının ağıllı idarə olunması, torpaq münbitliyinin qorunması və ekoloji təmiz istehsal metodlarının tətbiqi Qarabağın aqrar inkişafında həlledici rol oynayacaqdır.
3. Yaşıl sənaye və texnologiya imkanları mövcuddur. İnfrastrukturun sıfırdan qurulması regionda “yaşıl sənaye zonalarının” yaradılması üçün nadir fürsət yaradır. Bu, təkrar emal, bioplastik istehsalı, enerji səmərəli tikinti materialları kimi sahələrdə inkişafı təşviq edə bilər.
4. Ekoturizm strateji üstünlükdür. Qarabağın təbii landşaftı, biomüxtəlifliyi və mədəni irsi ekoturizm üçün geniş imkanlar yaradır. Bu sektor həm gəlir, həm də əhali məşğulluğu baxımından əhəmiyyətli olacaqdır.
5. Beynəlxalq əməkdaşlıq vacibdir. Qarabağın yaşıl iqtisadiyyat modelinin uğurla tətbiqi üçün beynəlxalq maliyyə institutları, xarici investorlar və tərəfdaş ölkələrlə sıx əməkdaşlıq zəruridir.

Beləliklə, Qarabağın bərpası üçün yaşıl inkişaf yol xəritəsi həm iqtisadi dayanıqlılıq, həm də ekoloji təhlükəsizlik baxımından ən rəşional yanaşmadır. Bu model Azərbaycanın ümumi enerji keçidi siyasətinə də mühüm töhfə verəcəkdir.

İstifadə olunmuş ədəbiyyat:

1. Nuriyev E.S. “Heydər Əliyev və Tikinti Kompleksinin İnkişafı”, “Şərq-Qərb”, 2023.
2. Nuriyev E.S. “İlham Əliyev və Böyük Qayıdış”, “Şərq-Qərb”, 2025.
3. AR Prezidentinin “Azərbaycan Respublikasının işğaldan azad edilmiş ərazilərində “yaşıl enerji” zonasının yaradılması ilə bağlı tədbirlər haqqında” Sərəncam, 03.05 2021.
3. AR Energetika Nazirliyi, <https://minenergy.gov.az/>.
4. AR Prezidenti Yanında Strateji Araşdırmalar Mərkəzi. “Yaşıl inkişaf: enerji səmərəliliyi və alternativ mənbələr”, Bakı 2014.
6. Post-Conflict Reconstruction and Sustainable Development. Washington, DC: World Bank Publications World Bank. (2020).

"GREEN DEVELOPMENT Road map " FOR KARABAKH AND EASTERN ZANGAZUR

PhD Nuriyev E.S., doctorant Seyidova N.Sh.

Azerbaijan Scientific-Research Institute of Construction and Architecture

Abstract: The article examines the reconstruction and sustainable development of the Karabakh and East Zangezur economic regions following their liberation, focusing on the “Green Energy Zone” strategy and the implementation of the green economy. It discusses development opportunities for the region’s energy, agriculture, industry, tourism, and social infrastructure based on ecological and socio-economic principles, as well as international experiences, renewable energy, ecotourism, and environmental policies to ensure economic and social stability. The article also highlights Karabakh’s energy potential, ecological indicators, social and economic metrics, and the region’s long-term sustainable development strategy.

Keywords: Green energy, green economy, environmental security.

70 yaşın mübarək Fəxrəddin Həbibov!



Fəxrəddin müəllim 1977-ci ildə Azərbaycan İnşaat Mühəndisləri İnstitutunu (indiki AzMİU) mühəndis-hidrotexnik ixtisası üzrə bitirmişdir.

F.H. Həbibov 1985-ci ildə texnika elmləri namizədi elmi dərəcəsinə və 1990-cı ildə dosent elmi adını almışdır.

1977-1985-ci illərdə Azərbaycan Elmi-Tədqiqat Hidrotexnika və Meliorasiya İnstitutunda, həmçinin, Moskva şəhərindəki Ümumittifaq Elmi-Tədqiqat Hidrogeologiya və Mühəndis Geologiyası İnstitutunda kiçik elmi işçi vəzifəsində, 1985- 2020-ci illərdə AzİMETİ-də müxtəlif vəzifələrdə fəaliyyət göstərmişdir. Onun rəhbərliyi altında gilli qruntların tədqiqi üçün yeni metodlar, mürəkkəb qrunnt və seysmik şəraitlər üçün bünövrələrin və hidrotexniki qurğuların layihələndirilməsinin orijinal üsulları, habelə sürüşmə, sel, uçqun və digər təbii-texnogen proseslərdən mühafizə qurğuları işlənmiş və tətbiq edilmişdir.

F.H.Həbibov tərəfindən Azərbaycanın və İranın müxtəlif obyektlərində təbii-texnogen xarakterli qəza və fəlakətlər nəticəsində yaranan fəvqəladə hallar zamanı risklərin qiymətləndirilməsi və idarə olunması metodları işlənib hazırlanmış və tətbiq olunmuşdur.

F.H.Həbibov strukturu dayanıqsız gilli qruntların xassələrinin tədqiqi, mürəkkəb qrunnt şəraitində bünövrələr və qrunnt qurğuları, zəlzələyədavamlı tikinti, təhlükəli təbii-texnogen hadisələr və onlarla mübarizə üsulları, geoekologiya, mühəndis ekologiyası, innovasiya menecmenti və texnika fəlsəfəsi sahələrində tanınmış mütəxəssisdir.

F.H.Həbibov 15 il ərzində Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin "Fəvqəladə hallar və həyat fəaliyyətinin təhlükəsizliyi" kafedrasında pedaqoji fəaliyyətlə də məşğul olmuşdur.

O, Viləşçay və Taxtakörpü hidroqovşaqlarının, Ukraynanın Kanev və Dnister QRES-lərinin bəndlərinin, "Bakı Alov Qüllələri" hündürmərtəbəli binalar kompleksinin, "Qalaaltı" kompleksinin layihələndirilməsində, Samur-Abşeron kanalının yenidən qurulmasında və s. fəal iştirak etmişdir.

F.H.Həbibov 100-dən çox elmi konfrans və simpoziumlarda iştirak etmişdir. O, Azərbaycan, Rusiya, Qazaxıstan, Ukrayna, ABŞ, Avstraliya, Böyük Britaniya, Avstriya, Almaniya, Finlandiya, Belarus, Özbəkistan, Qırğızıstan, Gürcüstan, Tacikistan, Türkiyə və digər ölkələrdə dərc olunmuş 1020-dən çox elmi əsərin və 300 patent-ixtiranın müəllifidir.

F.H.Həbibov yeni sürüşmə möhkəmliyi qanununun (mexanikada "F.H. Həbibovun sürtünmə-sürüşmə qanunu") və dispers sistemlərin fiziki-kimyəvi mexanikası sahəsində iki kəşfin müəllifidir.

F.H.Həbibov SSRİ Nazirlər Soveti mükafatı laureatı, Rusiya Təbiət Elmləri Akademiyasının, Beynəlxalq Ekologiya və Təbiətdən İstifadə Akademiyasının və Beynəlxalq Ekologiya və Həyat Fəaliyyətinin Təhlükəsizliyi Elmlər Akademiyasının akademikidir. O, həmçinin AzİMETİ-nin fəxri doktoru, Beynəlxalq H&E Elmlər Akademiyasının (İnsbruk, Avstriya) müxbir üzvü və Beynəlxalq İnnovasiya Texnologiyaları Universitetinin (Qırğızıstan) fəxri professorudur.

O, N.M.Gersevanov adına ROMGGİF medalı, SSRİ Kosmonavtika Federasiyasının akademik Çelomey adına medalı, SSRİ Xalq Təsərrüfatı Nailiyyətləri Sərgisinin (VDNX) 6 qızıl, 3 gümüş və 2 bürünc medalı, habelə SSRİ, Rusiya Federasiyası və müxtəlif ictimai təşkilatların 20-dən çox orden və medalı ilə təltif edilmişdir. Rusiya mütəxəssisləri və alimlərinin təşəbbüsü ilə Qarğa bürcündəki bir ulduza mühəndis F.H. Həbibovun adı verilmişdir. İxtiraçılıq və innovasiya fəaliyyətindəki nailiyyətlərinə görə G.S. Altşuller medalı ilə təltif olunmuşdur.

F.H.Həbibov ROMGGİF, ISSMGE, Beynəlxalq Geosintetika Assosiasiyası (IGS), Beynəlxalq Zəlzələyədavamlı Tikinti Assosiasiyası (ASSISI), Rusiya Zəlzələyədavamlı Tikinti Assosiasiyası və Azərbaycan Memarlar İttifaqının üzvüdür.

Hörmətli Fəxrəddin müəllim!

Jurnalın redaksiya heyəti və institutun əməkdaşları Sizi yubileyiniz münasibətilə səmimi qəlbədən təbrik edir, Sizə möhkəm cansağlığı və peşəkar fəaliyyətinizdə böyük uğurlar arzulayırıq.

“YAŞIL ŞƏBƏKƏ ELMİ İNNOVASIYA PLATFORMASI” layihəsi çərçivəsində
YAŞIL İNNOVATİV BİLİKLƏRİN XƏRİTƏLƏŞDİRİLMƏSİ:
PROBLEMLƏR VƏ PERSPEKTİVLƏR

QARABAĞ regionu üzrə aparılan elmi-tədqiqat materiallarının toplusu

(3 noyabr 2025-ci il, Bakı şəhəri)

Layihə Azərbaycan Respublikasının Qeyri-Hökumət Təşkilatlarına Dövlət Dəstəyi Agentliyinin, Qlobal Əməkdaşlıq və Analitik Araşdırmalar Mərkəzi ictimai birliyinin, Azərbaycan Həmkarlar İttifaqları Konfederasiyasının dəstəyi ilə həyata keçirilib.

Azərbaycan Əmək və Sosial Münasibətlər Akademiyasında **“YAŞIL ŞƏBƏKƏ ELMİ İNNOVASIYA PLATFORMASI”** layihəsi çərçivəsində QARABAĞ regionu üzrə aparılan elmi-tədqiqat materiallarının toplusunun təqdimat mərasimində respublikanın müxtəlif elmi-tədqiqat institutlarının, ali təhsil müəssisələrinin və dövlət qurumlarının nümayəndələri, müvafiq sahələrdə çalışan mütəxəssislər iştirak etmişlər.

Tədbirdə **“YAŞIL ŞƏBƏKƏ ELMİ İNNOVASIYA PLATFORMASI”** layihəsi çərçivəsində hazırlanmış **“QARABAĞ region üzrə aparılan elmi-tədqiqat materiallarının toplusu”** ictimaiyyətə təqdim olunub.



Topluda Qarabağ regionu üzrə aparılan elmi-tədqiqatların, yəni, regionun ekoloji bərpası, yaşıl texnologiyaların tətbiqi, innovativ idarəetmə mexanizmləri və dayanıqlı inkişaf modelləri ilə bağlı araşdırmalara dair məqalələr dərc olunub.

Tədbirdə çıxış edən nümayəndələr layihənin ölkədə “yaşıl biliklər iqtisadiyyatı”nın formalaşdırılmasına töhfə verdiyini, elmi innovasiyaların tətbiqində yeni yanaşmaların vacibliyini vurğuladılar. Təqdimatın sonunda iştirakçılar arasında müzakirələr aparılıb və nəşrin nüsxələri tədbir iştirakçlarına təqdim olunub.





Materiallar toplusunda AzİMETİ-nin əməkdaşları: mem. üzrə f.d., dosent Aytən Səlimovanın «Ханкенди: Политический узел, постконфликтное восстановление и модель зелёной инфрвструктуры» və «Умная деревня и экологическое образование на территории Карабахского и Восточно-Зангезурского экономических районов», institutun dissrtantı Nigar Qarayevanın “Qarabağda ekoloji təmizlik və bioresursların qorunması” mövzusunda elmi məqalələri dərc edilmişdir.

Elmi-texniki məqalənin hazırlanma qaydaları

Elmi-texniki məqalə elmin aşağıdakı istiqamətlərinə uyğun olaraq elmi yenilikləri əks etdirməklə hazırlanmalıdır: memarlıq və şəhərsalma, zəlzələyədavamlı tikintilər, inşaat konstruksiyaları, bina və qurğular, geotexnika və inşaatın ekologiyası, inşaat materialları, inşaatın təşkili və idarə olunması, tikinti norma və qaydalarının təkmilləşdirilməsi, tikinti praktikasında yeniliklər.

Elmi məqalələr azərbaycan, rus və ingilis dillərində həcmi 3 səhifədən az, 8 səhifədən çox olmamaqla formatı: A4, faylın formatı: MS Word və ya RTF; Times New Romanda 12 şriflə, 1 intervalla yığılmalıdır; vərəqin kənarları: yuxarı və aşağı tərəflər-2 sm, sol tərəf-1,5 sm, sağ tərəf-3 sm. Əgər məqalədə şəkillər olarsa, şəkillər mətnə uyğun olaraq elektron şəkildə 1 dyümdə 300 pikseldən (və ya 300 dpi) az olmayaraq **jpeg**, **tiff** və ya **eps** formatında yerləşdirilməlidir. Şəkillər şəkilsiz yazı və sıralama ilə müşayiət olunmalıdır. İstifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısı AAK-ın tələblərinə uyğun tərtib olunmalıdır. Fiziki qiymətlərin ölçüləri və parametrləri СИ sistemi ilə verilməlidir.

Məqalələr aşağıdakı ardıcılıqla yığılmalıdır: vərəqin solunda yuxarıda UOT; 1 intervaldan sonra məqalənin adı 12 keql adı şriflə, qara; 1 interval, müəllifin (.lərin) adı, atasının adı, soyadı 12 keql şriflə kursiv, qara; 1 interval, təşkilatın tam adı, şəhər 12 keql şriflə, kursiv; 2 interval, məqalənin mətni. Məsul katibin elektron ünvanı: **e-mail: azimeti_elmikatib@mail.ru; tel: (012) 596 37 60 (daxili 205)**

Правила подготовки научно-технической статьи

Принимаются оригинальные статьи по широкой тематике архитектуры, градостроительства, строительных конструкций, сейсмостойкого строительства, геотехники водоснабжения и канализации, совершенствования строительных норм и правил, организации строительного производства и строительной экологии.

Статьи принимаются в печатном и электронном виде, объемом от 3-8 страниц текста, набранного на компьютере и напечатанного шрифтом 12-го кегля с одиночным интервалом. Поля: слева, сверху и снизу - 2см, справа- 1 см.

Статьи принимаются на азербайджанском, английском или русском языках. В начале статьи в левом углу указывается УДК. Статьи сопровождаются аннотациями (до 100-150) слов на азербайджанском, английском и русском языках, а также списком ключевых слов (5-10 слов) на азербайджанском, английском и русском языках.

Название статьи, фамилия и инициалы автора (авторов), даются на азербайджанском, английском и русском языках. Фамилия (и) автора (ов) сопровождаются должностью, местом работы и электронным адресом. Структура статьи должна по возможности включать введение, методику исследования, характеристику объекта исследования, результаты и выводы.

e-mail ответственного секретаря: **e-mail:azimeti_elmikatib@mail.ru**

Rules for preparing a scientific-technical research paper

A scientific-technical research paper must be prepared to reflect scientific innovations in the following fields of science: architecture and urban planning, earthquake-resistant buildings, building structures, buildings and structures, geotechnics and construction ecology, construction materials, organization and management of construction, modernization of building codes and standards, international and national innovations in construction practice.

Scientific papers in azerbaijani, russian and english languages must be no less than 3 pages and no more than 8 pages, in A4 format. The file format: MS Word or RTF; the text must be typed in Times New Roman, font size 12, with single line spacing. Page margins: top and bottom – 2 cm; left – 1.5 cm; right – 3 cm. If the article contains images, they must be embedded in accordance with the text, in electronic format, with a resolution of no less than 300 pixels per inch (or 300 dpi), and saved in JPEG, TIFF, or EPS format.

Figures must be accompanied by captions and numbering.

The list of references must be compiled in accordance with the requirements of the Supreme Attestation Commission (AAK).

Measurements and parameters of physical quantities must be presented in accordance with the SI system. Research papers must be formatted in the following sequence: in the upper left corner of the page – UDC (Universal Decimal Classification); after one line spacing – the title of the article in 12-point regular font, bold; after one line spacing – the name, patronymic, and surname of the author(s) in 12-point bold italic font; after one line spacing – the full name of the institution and the city in 12-point italic font; after two line spacings – the main body of the article.

Scientific papers that do not comply with the above requirements are not accepted.

E-mail address of the executive secretary: **azimeti_elmikatib@mail.ru**

AzİMETİ-də kompüter səhifələnməsi yolu ilə nəşr olunub.

Kompyuter dizaynı: Mehriban Nəbiyeva

AZƏRBAYCANDA İNŞAAT və MEMARLIQ

