

# ELMİ ƏSƏRLƏR



## REDAKSIYA HEYƏTİ

**Baş Redaktor-** GÜLÇÖHRƏ MƏMMƏDOVA- memarlıq doktoru, professor, AzMİU-nun rektoru, Azərbaycan

**Baş redaktorun müavini-** NİGAR ASLANOVA- riyaziyyat üzrə elmlər doktoru, professor, AzMİU-nin Elm və innovasiya məsələləri üzrə prorektoru, Azərbaycan

**Məsul katib-** SAMİRƏ ƏKBƏROVA- texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent, AzMİU, Azərbaycan

## Redaksiya heyəti

TELMAN ƏLİYEV- texnika elmləri doktoru, akademik, AMEA-nın İdarəetmə Sistemləri İnstitutunun direktoru, Azərbaycan

ANDREA STRAUB- texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent, Brandenburg texniki universitet, Almaniya

RECEP BONCUKCUOĞLU- texnika elmləri doktoru, professor, İstanbul Universiteti, Türkiyə

JEAN-FRANÇOIS DUBÉ- texnika elmləri doktoru, professor, Monpelye Universiteti, Fransa

İSLAM MUSTAFAYEV - texnika elmləri doktoru, AMEA-nın müxbir üzvi, AzMİU, Azərbaycan

AZƏR QASIMZADƏ- texnika elmləri doktoru, professor, AzMİU, Azərbaycan, Ondokuz Mayıs Universiteti (OMU), Türkiyə

NƏRGİZ ABDULLAYEVA- memarlıq doktoru, professor, AzMİU, Azərbaycan

NİZAMİ NAGİYEV- memarlıq doktoru, professor, AzMİU, Azərbaycan

ENRICO SCIUBBA- texnika elmləri doktoru, professor, La Sapienza universiteti, İtaliya

ADAM MARCHEVKA- texnika elmləri doktoru, professor, Elm və Texnologiya Universiteti

MUXLİS HACİYEV- texnika üzrə elmlər doktoru, professor, əməkdar müəllim, AzMİU, Azərbaycan

RÖVŞƏN BƏNDƏLİYEV- riyaziyyat üzrə elmlər doktoru, baş elmi işçi, professor, AMEA, Azərbaycan

ALİK NƏCƏFOV- fizika- riyaziyyat elmləri doktoru, professor, AzMİU, Azərbaycan

İRADƏ ŞİRİNZADƏ- texnika elmləri doktoru, professor, AzMİU, Azərbaycan

ASƏF AĞAYEV- iqtisad elmləri üzrə fəlsəfə doktoru, dosent, AzMİU, Azərbaycan

## "Elmi Əsərlər" jurnalı barədə qısa məlumat

Jurnal Azərbaycan Respublikası Mətbuat və İnformasiya Nazirliyinin Kəndli İnformasiya Vəsətlərinin qeydə alınması haqqında 02 aprel 1996-cı il tarixli 313 sayılı Şəhadətnaməsi ilə qeydə alınmışdır. Jurnal ildə iki dəfə çıxır. Təsisçi Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetidir. Jurnal Azərbaycan Respublikası Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının reyestrinə fəlsəfə doktorluğu və doktorluq dissertasiyalarının nəticələrini dərc etdirmək üçün daxil edilmişdir. Jurnal texniki elmlər üzrə referativ məlumatların beynəlxalq EBSCO (ABŞ) verilənlər bazasına və Crossref (ABŞ) qeydiyyat agentliyinə (DOI) daxildir.

Ünvan

Azərbaycan Respublikası, AZ-1073, A.Sultanova küçəsi- 11

Tel: (99412)4390725, Faks: (99412)4987836

veb: www.azmiu.edu.az

e-mail: sw@azmiu.edu.az

veb: www.swjournal.az

## EDITORIAL BOARD

**Chief Editor-** GULCHOHRA MAMMADOVA- doctor of architecture, professor, rector of AzUAC, Azerbaijan

**Deputy Chief Editor-** NIGAR ASLANOVA- doctor of mathematics sciences, professor, Vice-rector for Science and Innovation issues, AzUAC, Azerbaijan

**Executive secretary-** SAMIRA AKBAROVA- PhD in technical sciences, ass.prof., AzUAC, Azerbaijan

## Editorial Board

TELMAN ALIEV- doctor of technical sciences, academician, Director of Institute of Management Systems of ANAS, Azerbaijan

ANDREA STRAUB- PhD on technical sciences, ass.prof., Brandenburg technical university, Germany

RECEP BONCUKCUOĞLU - doctor of technical sciences, professor, Istanbul University, Turkey

JEAN-FRANÇOIS DUBÉ- doctor of technical sciences, professor, Monpelye University, France

İSLAM MUSTAFAYEV - doctor of technical sciences, correspondent member of ANAS, AzUAC, Azerbaijan

AZER KASIMZADE- doctor of technical sciences, professor, AzUAC, Azerbaijan, Ondokuz Mayıs University, Turkey

NARGİZ ABDULLAYEVA – doctor of architecture, professor, AzUAC, Azerbaijan

NİZAMİ NAGİYEV- doctor of architecture, professor, AzUAC, Azerbaijan

ENRICO SCIUBBA- doctor of technical sciences, professor, La Sapienza University, Italy

ADAM MARCHEVKA- doctor of technical sciences, professor, University of science and technology

MUXLİS HACİYEV- doctor of technical sciences, professor, honored lecturer, AzUAC, Azerbaijan

ROVSHAN BANDALIYEV- doctor of sciences in mathematics, lead researcher, professor, ANAS, Azerbaijan

ALİK NAJAFOV- doctor of physico-mathematical sciences, professor, AzUAC, Azerbaijan

İRADA SHIRINZADE - doctor of technical sciences, professor, AzUAC, Azerbaijan

ASEF AGHAYEV- PhD on economical sciences, ass.prof., AzUAC, Azerbaijan

## Brief information about "Scientific Works" journal

"Scientific Works" journal is registered by certificate 313 from April 2, 1996 by the Ministry of Press and Information of Azerbaijan Republic. The founder of the journal is Azerbaijan University of Architecture and Construction. The journal is included into the register of Higher Certification Board under the president of Azerbaijan Republic for publishing dissertation works of doctors of philosophy and doctors of Sciences. The journal is indexed in EBSCO and Crossref.

Address

Azerbaijan Republic, AZ-1073, A.Sultanova street-11

Tel: (99412)4390725, Fax: (99412)4987836

web: www.azmiu.edu.az

e-mail: sw@azmiu.edu.az

web: www.swjournal.az

## M Ü N D Ə R İ C A T M E M A R L I Q

| №  |                                                                                                                       | səh |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1  | <b>Allahverdiyeva S.</b> Qafqaz Albaniyasının şəhərlərinin planlaşdırılma əsasları                                    | 5   |
| 2  | <b>Abdullayeva N.</b> İqlim dəyişmələrinin memarlıq abidələrinə təsiri                                                | 11  |
| 3  | <b>Balakışiyev İ.</b> Qudyalçay üzərində dayaqları qədər möhkəm olan Tağlı körpünün Azərbaycan üçün tarixi əhəmiyyəti | 19  |
| 4  | <b>Bayramov M.</b> Naxçıvanın dini memarlıq abidələrinin Azərbaycan və yaxın şərq abidələri ilə müqayisəli təhlili    | 25  |
| 5  | <b>Bəxşiyev Ə.</b> Naxçıvan türbələrinin bədii tərtibatı                                                              | 34  |
| 6  | <b>Ələsgərov Ü.</b> Təbii-ekoloji karkas dayanıqlı şəhər inkişafının əsası kimi                                       | 40  |
| 7  | <b>Həsənova-Fərəcova K.</b> Müasir memarlıqda adaptivlik konsepsiyası                                                 | 47  |
| 8  | <b>Mustafayeva F.</b> Bakı-istirahət, idman və sağlamlıq                                                              | 52  |
| 9  | <b>Nağıyev N., Əliyeva N., Kərimov H.</b> Qədim dövrdə idman tikililərinin yaranma tarixi və memarlığı                | 58  |
| 10 | <b>Гасанова А.</b> Эко-озеленение– внедрение природы в урбанизированную городскую среду                               | 65  |
| 11 | <b>Нагиев Н., Керимов И., Джафарова Д.</b> Композиция городов Азербайджанской республики в условиях их реконструкции  | 70  |

## İ N Ş A A T

| № |                                                                                                                                                                                                  | səh |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1 | <b>Bəşirzadə S., Okan Ö., Bəşirzadə S.</b> Əvvəlcədən gərginləşdirilmiş beton tirin qeyri-xətti itələmə təhlili                                                                                  | 77  |
| 2 | <b>Həsənlı R.</b> Posanın miqdarı və qarışdırma intensivliyinin çuqunun saflaşdırılmasına təsirinin tədqiqi                                                                                      | 83  |
| 3 | <b>İsayeva A., Şamilov T. Əhmədov V.</b> Fe-Si-C Tərkibli amorf lent nümunələrinin mexaniki xassələrinin kristallik analoqları olan elektrotexniki poladlarla (Fe-Si) müqayisəli təhlili         | 90  |
| 4 | <b>Qəniyeva S., Mehdiyev C.</b> Yüksək Səviyyəli Sintez (HLS) məlumatlarına əsasən sürüşməyə meyilli yamacların Rəqəmsal Yüksəklik Modelinin (DEM) dəqiqliyinin qiymətləndirilməsi texnologiyası | 94  |
| 5 | <b>Quvalov A., Abbasova S.</b> Şüşə tullantılarının sement sistemlərində narın dispers doldurucu kimi tədqiqi                                                                                    | 99  |
| 6 | <b>Yusifov M., Rəhimov E., Məmmədov A.</b> Daşınmaz əmlakın qiymətləndirilməsi metodlarının müqayisəli təhlili                                                                                   | 106 |

## T Ə T B İ Q İ R İ Y A Z İ Y Y A T V Ə M E X A N İ K A

| № |                                                                                                                                              | səh |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1 | <b>Bəşirova S.</b> Nano-Si/H <sub>2</sub> O Sistemində suyun radiasiya-termiki parçalanmasının furye infraqırmızı spektroskopiyaya tədqiqi   | 113 |
| 2 | <b>Həmidov N.</b> Gərginlik birləşməsinin sərtliliyinin təkmilləşdirilməsi                                                                   | 117 |
| 3 | <b>Məstənzadə N., Rüstəmli T., Mehtiyev Y.</b> Vant körpüsünün troslarının möhkəmlik və dözümlülüyünün təyin edilməsi                        | 125 |
| 4 | <b>Rzayev A., Məmmədli M.</b> Kanallarda su sərfiyyatının empirik tənliklərlə hesablanma üsullarının tədqiqi                                 | 132 |
| 5 | <b>Məmmədova R., Şahmarov V.</b> Klinkersiz yapışdırıcıların inşaat və texniki xassələrinə kimyəvi əlavələrinin təsirinin rentgeloji tədqiqi | 140 |
| 6 | <b>Nurəliyev C., Nurəliyev R.</b> Neyro kompyuterin çoxnüvəli prosessorunun təşkili                                                          | 145 |
| 7 | <b>Пирвердиева Л.</b> Начертательная геометрия на экране компьютера                                                                          | 150 |

## İ Q T İ S A D İ Y Y A T

| № |                                                                                                                                                                                  | səh |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1 | <b>Ağayeva K., Qənbərov Ə., Ağayev R.</b> Azərbaycanda mənzil bazarının inkişafı və mənzil problemlərinin həlli                                                                  | 155 |
| 2 | <b>Əliyeva R.</b> Yaşıl iqtisadiyyat: istiqamətlər və perspektivlər                                                                                                              | 161 |
| 3 | <b>Əliyev İ.</b> Paralel qaz kəmərləri sisteminin qəza rejimlərinin idarə olunmasında qabaqcılq mühəndislik yanaşmalarının tətbiq məqsədilə rekonstruksiyası                     | 169 |
| 4 | <b>Əkbərova S., Əkbərli R.</b> Bərpa olunan enerjiyə keçid strategiyası                                                                                                          | 181 |
| 5 | <b>Мамедова А.</b> Влияние строительной отрасли на развитие экономики Азербайджана                                                                                               | 188 |
| 6 | <b>Mədiyeva, G.A., Haqverdiyeva, T.A., Camalova, X.B</b> Sənaye tullantıları əsasında dayanıqlı modifikasiya olunmuş polipropilen lifli beton                                    | 197 |
| 7 | <b>Quliyev, C.T., Predun, K.M., Məmmədov, N.Y.</b> Yaşayış məntəqəsinin istilik təchizatı sisteminin ekoloji-iqtisadi seçimi amillərinin linqvistik informasiya əsasında təhlili | 210 |

## C O N T E N T

### A R C H I T E C T U R E

| №  |                                                                                                                                               | P  |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1  | <b>Allahverdiyeva S.</b> Principles of city planning of Caucasian Albania                                                                     | 5  |
| 2  | <b>Abdullayeva N.</b> Impact of climate changes on architectural monuments                                                                    | 11 |
| 3  | <b>Balakishiyev I.</b> The historical significance for Azerbaijan of the arched bridge over the Qudyalchay, whose piers are as strong as ever | 19 |
| 4  | <b>Bayramov M.</b> Comparative analysis of religious architectural monuments of Nakhchivan with Azerbaijani and Near Eastern monuments        | 25 |
| 5  | <b>Bakhshiyev A.</b> Artistic composition of Nakhchivan tombs                                                                                 | 34 |
| 6  | <b>Alasgarov U.</b> Natural-ecological framework as the basis of sustainable urban development                                                | 40 |
| 7  | <b>Hasanova-Farajova K.</b> The concept of adaptability in modern architecture                                                                | 47 |
| 8  | <b>Mustafayeva F.</b> Baku-recreation, sport and health                                                                                       | 52 |
| 9  | <b>Naghiyev N., Aliyeva N., Karimov H.</b> The architecture and emergence history of sport buildings at ancient times                         | 58 |
| 10 | <b>Hasanova A.</b> Eco-greening-introduction nature into the environment                                                                      | 65 |
| 11 | <b>Naghiyev N., Kerimov I., Jafarova D.</b> Composition of cities of the Republic of Azerbaijan under conditions of their reconstruction      | 70 |

### C O N S T R U C T I O N

| № |                                                                                                                                                                                                       | P   |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1 | <b>Bashirzadeh S., Okan O., Bashirzadeh S.</b> Nonlinear pushover analysis of prestressed concrete beam                                                                                               | 77  |
| 2 | <b>Hasanli R.</b> Investigation of the influence of the amount of pitch and the intensity of mixing on the refining of cast iron                                                                      | 83  |
| 3 | <b>Isayeva A., Shamilov T., Ahmadov V.</b> Comparative analysis of the mechanical properties of Fe-Si-C amorphous ribbon samples with their crystalline counterparts, electrotechnical steels (Fe-Si) | 90  |
| 4 | <b>Ganiyeva S., Mehdiyev J.</b> Accuracy evaluation technique for DEM models of landslide slopes based on ALS data                                                                                    | 94  |
| 5 | <b>Guvalov A., Abbasova S.</b> Study of glass waste as a fine disperse filler in cement systems                                                                                                       | 99  |
| 6 | <b>Yusifov M., Rahimov E., Mammadov A.</b> Comparative analysis of real estate valuation methods                                                                                                      | 106 |

### A P P L I E D M A T H E M A T I C S A N D M E C H A N I C S

| № |                                                                                                                                                      | P   |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1 | <b>Bashirova S.</b> Study of Radiation-Thermal Decomposition of Water in the Nano Si/H <sub>2</sub> O System Using Fourier Infrared Spectroscopy     | 113 |
| 2 | <b>Hamidov N.</b> Improving the stiffness of the tension joint                                                                                       | 117 |
| 3 | <b>Mastanzade N., Rustamli T., Mehtiyev Y.</b> Determination of strength and endurance of cable of cable-stayed bridge                               | 125 |
| 4 | <b>Rzayev A., Mammadli M.</b> Study of calculation methods of water consumption in canals with empirical equations                                   | 132 |
| 5 | <b>Mammadova R., Shahmarov V.</b> X-ray study of the effect of chemical additives on construction and technical properties of clinker-free adhesives | 140 |
| 6 | <b>Nuraliyev C., Nuraliyev R.</b> Organizing the multiple processors of the neuromcomputer                                                           | 145 |
| 7 | <b>Pirverdieva L.</b> Sketchy geometry on the computer screen                                                                                        | 150 |

### E C O N O M I C S

| № |                                                                                                                                                                                       | P   |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1 | <b>Aghayeva K., Ganbarov A., Agayev R.</b> Development of housing market in Azerbaijan and solution of housing problems                                                               | 155 |
| 2 | <b>Aliyeva R.</b> Green economy: directions and prospects                                                                                                                             | 161 |
| 3 | <b>Aliyev I.</b> Reconstruction of parallel gas pipeline systems in order to apply advanced engineering approaches to control emergency modes                                         | 169 |
| 4 | <b>Akbarova S., Akbarli R.</b> Renewable energy transition strategy                                                                                                                   | 181 |
| 5 | <b>Mamadova A.</b> Influence of the construction industry on the development of the economy of Azerbaijan                                                                             | 188 |
| 6 | <b>Mediyeva, G.A., Hagverdiyeva, T.A., Jamalova, K.B</b> Sustainable modified polypropylene fiber concrete based on industrial waste                                                  | 197 |
| 7 | <b>Guliev, J. T., Predun, K. M., Mammadov, N. Y.</b> Analysis of factors for the ecological and economic selection of a settlement heat supply system based on linguistic information | 210 |

## QAFQAZ ALBANIYASININ ŞƏHƏRLƏRİNİN PLANLAŞDIRILMA ƏSASLARI

**Allahverdiyeva Svetlana İsmayil qızı** – m. ü. f. d., dosent, Memarlıq konstruksiyaları və abidələrin bərpası kafedrası, AzMIU, [allahverdiyeva1@gmail.com](mailto:allahverdiyeva1@gmail.com)

**Xülasə.** Azərbaycan xalqı çoxsaylı qəhrəmanlıq səhifələrində öz əksini tapmış zəngin, çoxəsrlik tarixə malikdir. Təbii və coğrafi şəraitinə görə Qafqaz Albaniyasının ərazisi yer kürəsinin ən əlverişli guşələrindən biridir. Mülayim iqlimdə yerləşən bu bölgə sivilizasiya mərkəzlərindən biri olmuşdur. Azərbaycan xalqı özünün bütün tarixi inkişafı boyu dünya mədəniyyəti xəzinəsinə çox mühüm töhfələr verərək unikal və yüksək maddi-mənəvi mədəniyyət yaratmışdır. Memarlıq təkcə istedad və duyğuların ifadəsi deyil; həm də Azərbaycan xalqının ən bədii kamilliyə nail olduğu sahələrdən biridir. Çoxsaylı memarlıq abidələri Qafqaz Albaniyasının ərazisinin qədim sivilizasiya mərkəzlərindən biri olduğunu inandırıcı şəkildə sübut edir.

**Açar sözlər:** Qafqaz Albaniyası, kompozisiya, tarixi binalar, mədəniyyət, kompozisiya, karvan yolu

## PRINCIPLES OF CITY PLANNING OF CAUCASIAN ALBANIA

**Allahverdiyeva Svetlana Ismayil-** PhD in arch., ass. prof., department of Architectural constructions and restoration of monuments, AzUAC, [allahverdiyeva1@gmail.com](mailto:allahverdiyeva1@gmail.com)

**Abstract.** The people of Azerbaijan have a rich, centuries-old history, marked by numerous acts of heroism. Due to its natural and geographical conditions, the territory of Caucasian Albania is one of the most favorable regions on Earth. Situated in a temperate climate, this area has long been a center of civilization. Throughout their historical development, the Azerbaijani people have made significant contributions to the world's cultural heritage, creating a distinctive and advanced material and spiritual culture. Architecture, as an art form, is not only an expression of talent and emotion but also one of the fields in which the Azerbaijani people have achieved exceptional artistic excellence. Numerous architectural monuments convincingly demonstrate that the territory of Caucasian Albania was one of the centers of ancient civilization.

**Keywords:** Caucasian Albania, composition, historical buildings, culture, composition, caravan route

**Giriş.** Şəhərlərin aşkar edilməsi, onların öyrənilməsi və elmi məişətə daxil edilməsində Azərbaycan alimlərinin böyük xidmətləri olmuşdur. Tarixi alimlər, arxeoloqlar, memarlar tərəfindən müvəffəqiyyətlə aparılan aşkar, edilmə, fiksasiya, dərinlən öyrənmə, bərpa işlərin dərc edilməsi gələcək elmi axtarışlar üçün baza yaratmışdır. Şəhərlərin arxeoloji öyrənilməsi sahəsində alimlərin gördükləri işlər memarlara tikililərinin planlaşdırma strukturunu, yüksək tikinti və texniki səviyyənin olmasını, tikinti materiallarını və konstruksiyalarını xarakterizə etməyə imkan verən böyük miqdarda yeni materiallar vermişdir.

Eramızın əvvəllərində möhkəmləndirmənin aparıcı tipi kvadrat forması idi, Qafqaz Albaniyasının ərazisində onların sayı iyirmidən yuxarıdır. Kvadrat, uyaxud dördtərəfli kompozisiya daimliyi, əmin-amanlığın və məhsuldarlığın rəmzi idi, həyatın dörd amilini əks etdirirdi: su, hava, torpaq, od. Sakit relyef, təbii əngəllərin olmaması şəhərlərin tikilməsi üçün əlverişli şərait yaradırdı. Əsas diqqət tikintinin möhkəmliyinə verilirdi, lakin heç zaman estetik məsələlər etinasızlıq edilmirdi: vahid kompozisiyada kütlənin harmonik uyğunluğu yaranırdı.

**Tədqiqat metodu.** Şəhərlərin öyrənilməsi memarlıq-tarixi elmi üçün maraq təqdim edir. Şəhərin hələ qədim Misir simvolu perpendikulyar olaraq onun daxili küçələri ilə kəsişən dairədən ibarətdir. Bu qədim forma qədimdən Aralıq şəhərlərin çoxuna mənsub idi. Qafqaz Albaniyasının bir çox şəhərləri antik istehkamlarından yaranmışlar.

Demək olar ki, antik vaxtan mövcud olan bütün alban şəhərlərində vizual şəkildə antik şəhərlərin planı aşkar etmək olar. Memar-planlaşma və konstruktiv üsullarında müxtəlif dövrlərin müdafiə memarlığının prototipi izlənilir. Ellenist ənənələrin təsiri, yeni pilləyə yüksələn hər iki mədəniyyətin birləşməsi və zənginləşməsinə kömək etmişdir. Bundan əlavə, bu şəhərlərin öyrənilməsi və tədqiqində memarlıq-planlaşmada küçə şəbəkəsinin, antik planlaşmada isə hətta bəzən bütöv bir məhəllənin saxlanılması göstərilir. Formasiyaların dəyişməsinə baxmayaraq, şəhərin maddi orqanizmi-divarlar, saraylar və meydanlar saxlanılmışdır. Quldarlıq dövrü məşkunlaşmanın strukturu dəqiq olaraq iki hissəyə bölünmüşdür-Narınqala və Şəxristan. Narınqala ideoloji mərkəz kimi üstün idi, Şəxristan isə ya Narınqala ətrafında, ya da üç tərəfdə yerləşirdi. Feodalizm quruluşuna qədərki şəhərlərin strukturu məhz bu elementlərdən ibarət idi. Buna misal olaraq möhkəmlənmiş şəhərlər olan Qəbələ, Bərdə, Gəncə, Şəmkir, Şastal, Beyləqan, Şamaxı və çasqalarını göstərmək olar. Möhkəmlənmiş məskənlərin sosial siması, onun hərbi-strateji əhəmiyyətini aydınlaşdırmaq üçün şəhərin ölçüsü böyük rol oynayır.

**Yekun fikirlər.** Qafqaz Albaniyasının bütün şəhərlərinin memarlığının ayrılmaz hissəsi fortifikasiya qurğuları idi. Erkən orta əsr və orta əsrlər dövründə fortifikasiya qurğularının tikintisinin genişlənməsi Qafqaz Albaniyasının ərazisində şəhərlərin inkişafı ilə bağlı idi, möhkəmlənmiş şəhərlərdə- Qəbələ, Patav, Gəncə, Bakı, Dərbənd, Şəmkir, Beyləqan başqa bu kimi şəhərlərin meydana gəlməsi və çiçəklənməsi ilə xarakterizə olunur. Bu məskənlər öz əraziləri və şəhər avtonomiyaları ilə əsl möhkəmləndirilmiş şəhərlər idilər. Böyüklüyündən asılı olmayaraq onlar sözün əsl mənasında Qafqaz Albaniyasının ərazisinin xarakteristik tipi şəhərlərin beynəlxalq tranzit ticarətinin maqistral yollarında meydana gəlmiş şəhərlər idi (Dərbənd, Qəbələ, Bərdə, Gəncə, Beyləqan). Bu şəhərlər inzibati və ticarət mərkəzi idi və mənbələrdə “böyük”, “şöhrətli” adlanırdılar. Başqa tip şəhərlər sənətkarlıq və ticarət mərkəzləridir ki, qapalı yerlərdə, ticarət maqistralından uzaqda yerləşənəldir(Şəki, Şəmkir). Onlar qala adlanırdılar və orada hərbi hissələr yerləşirdi [1].

Qafqaz Albaniyasının coğrafi vəziyyətinə görə əlverişli buxta, çoxlu dəniz və karvan yolunun kəsişməsi, neft və qaz yataqları qədim zamandan bənzəri olmayan abidələrinin meydana gəlməsinə səbəb olmuşdur. Abşeronun bir çox məşkunlaşma yerlərində çoxlu dindar və zəvvarları özünə cəlb edən “daimi” neft və qaz atəşinin ətrafında birləşərək şəhər yaratdılar - Atəşi-Baqan, Albanu, Albaku(Başqala), Al-baku, Baku ilahi atəşli paytaxt yaratdılar[3,4]. Qədim Bakı şəhərinin üstündə ikincio Bakı qalası ucadıldı. Professor D.A.Axundov tərəfindən iki Bakı qalasının öyrənilməsi və tədqiq edilməsi belə nəticəyə gəlməyə imkan vermişdir ki, hər iki qala nisbətən bir-birinə yaxın idilər. Professor D.A.Axundovun fikrincə yuxarı şəhər əsasən istekamlı idi, aşağı isə şüvəlcə məbədd kompleks, sonradan isə qala divarları ilə əhatə olunan, bütünlüklə şəhərə məxsus olan yaşayış, ictimai və mədəni binalarla abadlaşdırılmış şəhər idi. Öz tədqiqatlarında orijinal və tamamilə Azərbaycan üçün xarakterik olmayan Donjon qalasını qeyd edir. Ola bilsin ki, Donjon qalası eyni zamanda Abşeron qalaları kimi yaşayış qalası idi. Yazılı mənbələrin tədqiqi, rəssamların şəkilləri və ikinci Bakı qalasının Qafqaz Albaniyasının digər şəhər qalaları ilə müqaisəsi: Atəşi-Baqan şəhər qalanın tarixinin bizim eramızın birinci əsrlərdə olmasını qeyd etməyə imkan verir [5-7].

Qafqaz Albaniyasının çox böyük siyasi və iqtisadi mərkəzi, bir neçə yüzilliklər ərzində ölkənin keçmiş paytaxtı olan Qəbələ şəhəri qədim məskun yerlərinin inkişafı əsasında bizim eramızdan əvvəl IV əsrin sonu III əsrin əvvəllərində yaranmışdır. Şimal hissədən “Selbir”, cənubdan “Qəur qala” və “Məbədd yeri” sahələrindən ibarət olan Qəbələ dağıntıları vahid kompleks yaradır. Qəbələ şəhəri ərazisindəki qazıntılar barədə həyatın antik vaxtan başlanması xə VIII əsrə qədər davam etməsi fikrini təsdiq edir. Şəhərin ın qədim hissəsi e.ə. IV əsr- eraməzən I əsrində Qaraçay və Covrulçay arasındakı yerdə yerləşirdi. I əsrin sonunda VIII əsrin ortalarına qədər şəhər artıq yeni yerə köçürülmüş və təpənin üzərində Qaraçay və Covrulçay arasındakı yerdə yerləşirdi. Şəhərin ümumi sahəsi 25 hektardır. Bizim fikrimizcə, köhnə “Qəur qala” adın nəzərə alsaq, şəhər IV-V əsrlərdə yaranıb və orada xristianlar yaşayıblar, Selbirdə isə Mazdaizm ya Mitraizma dininə pənah gətirən

albanlar yaşayırdılar. Qəbələ artıq Ellinist dövrünün əvvəllərində şəhər tipli məskunlaşma yeri idi və Alban dövlətinin ilk başlancığından onun paytaxtı olmuşdur. Qəbələ şəhəri çox böyük müdafiə sədləri və xəndəkləri vasitəsilə möhkəmləndirilmişdi. O antik, erkən orta əsrlər şəhərlərinin simasını özündə əks etdirir, qoruq yeri kimi dövlət tərəfindən mühafizə olunur və Azərbaycanın ən böyük abidəsidir. Yazılı mənbərlər və zəngin arxeoloji materiallara əsaslanaraq təsdiq edə bilərik ki, Qəbələ öz ətrafı ilə birlikdə çox əhəmiyyətli şəhər idi və Qafqaz Albaniyasının daha sonra bütünlüklə Azərbaycanın mühüm ticarət, iqtisadi və siyasi mərkəzlərindən biri idi.

A.E.Krımski hesab edir ki, Qəbələ Qafqaz Albaniyasının birinci paytaxtı olub. D.A.Axundovun fikrincə Qəbələ şəhərinə qədər birinci paytaxt Albanopol, Albanus, Al-Bakus şəhərləri olmuş-Bakı şəhəri Xəzərin sahillərində e.ə. XI minilliyin sonunda meydana gəlmişdir.

Partav (müasir Bərdə) Qafqaz Albaniyasının ən iri inzibati və ticarət-sənətkarlıq mərkəzi, eyni zamanda böyük Uti vilayətinin baş şəhəri, V-ci əsrdə Alban çarı Vaxt tərəfindən tikilmişdir. Bərdə adına əsrin müəllifi Ptolomey də rast gəlinir. Erkin orta əsrlərdə o, Qafqaz Albaniyasının siyasi, dini və mədəni mərkəzi olur. O sonuncu alban Arşakidlərinin, Mixranidlərin böyük knyazlarının və V əsrdən katalikosunun gəldikləri yerlər olmuşdur. Abbasidlər dövründə (752-ci il) Bərdə alban knyazlarından ayrılmış Arran vilayətinin paytaxtı olmuş və o vaxtan etibarən bütünlüklə ərəblərin nəzarəti altına keçmişdir. Ərəb müəllifləri şəhərin qeyri-adi gözəlliyini və yaxşı olduğunu təsvir edərək onu cənnəti xatırladan İremi əfsanəvi bağı ilə müqayisə etmişlər. Burada sütunları gipsdən, kərpicdən və qismən ağacdən idi. Burada görkəmli əlkimyaçılar, keramikaçılar, memarlar və digər elm və incəsənət xadimləri yaşayıb yaradıblar ki, onlar bütün Şərqdə öz əməkləri ilə şöhrət qazanmışdılar. Qeyd etmək lazımdır ki, yeni memarlıq-tikinti üslublarının formalaşmasında ərəblərə qədər yaranmış yerli tikinti ənənələri diqqətə layiq rol oynamışlar. Bu üslublardan biri kombinə edilmiş döşəmə ıtrafdakı çay daşları ilə kərpicin birləşməsi tikintidə geniş tətbiq edilmişdir. Arxeoloji tədqiqatlar təsdiq şəhər köhnə məskunluq bazasında yaranmış və tədricən qala divarları ilə əhatə olunmuş bir şəhərə çevrilmişdir ki, yerli əhali təhlükə zamanı bu divarın arxasında gizlənirdilər. Divarların düzxətli və güllərin bərabər sürətdə yerləşdirilməsi onun müdafiə qabiliyyətli dərəcədə artıraraq qalanın planlaşma strukturuna dəqiqlik, aydınlıq verirdi.

Bir qayda olaraq hər feodal malikanəsində möhkəmləndirilmiş, sahəsi 40 hektara çatan, yaxud ondan da bir çox bir iri şəhər mövcud idi. Lakin Arran ərazisində iki böyük şəhərin (Qəbələ və Bərdə) mövcudluğu siyasi mərkəzin köçürülməsi ilə izah olunur və müstəsna haldır.

Gəncə şəhəri və onun qala divarları antik dövrünün sonunda və bütün orta əsrlər boyu özünə məxsus yaradıcı inkişaf yolu keçmişdir. Gəncənin yaranması və ilk şəhər divarlarının tikintisi haqqında dəqiq məlumat yoxdur, onun bütün müdafiə qurğuları sistemi və onların yaranmasının ardıcılığı bir əsrdən çox vaxt diapazonunu əhatə edir. Şəhərdə tunc dövrünün mədəni izləri tapılmış, şəhər yaxınlığında isə təpə kütləsi aşkar edilmişdir ki, bundan həmin yerlərdə hələ tarixə qədərki dövrdə çoxsaylı əhalinin yaşadığı və müəyyən qədər inkişaf etmiş mədəniyyətə malik olduqlarını göstərir. Gəncənin əsas karvanyolu üzərində yerləşməsi onun inkişaf etməsinə və Yaxın Şərqdə güclü müdafiə olunan, çiçəklənən mədəni şəhərlərdən birinə çevrilməsinə səbəb olmuşdur. Strabonun yazdığına görə, müəyyən şəhərlərdə, o cümlədən Hindistanla liman ticarəti əlaqələri olmuşdur. Uzun illər memar –arxeoloji tədqiqatların nəticəsi olaraq Gəncənin ilk məskunlaşma tarixinin e.ə. III əsrə təsadüf etdiyini və daha sonra şəhər-qalaya çevrilməsini deməyə imkan verir. Qədim qala-şəhər olan Gəncənin əlverişli yerdə yerləşməsi onun tez inkişaf etməsinə və Yaxın Şərqdə ən güclü müdafiə olunan və çiçəklənən mədəni mərkəzə çevrilməsinə səbəb oldu. Hərbi hərəkətin nəticəsində Bərdə dağılır və karvan yolları qərbdə yerləşdirilir. X-cu əsrin ikinci yarısından Gəncə Arranın paytaxtı olur. Şəhər hakimiyyəti onu çox güclü möhkəmləşdirmişdi, qüllənin möhtəşəm silueti və qala divarları çox əzəmətli təsir yaratmışlar. O uzaqdan orta əsrlər şəhərinin əzəmət və qüdrətini özündə təəcəssüm etdirən kimi görünür. Antik dövrdə olduğu kimi, orta əsrlər dövründə də Gəncə şəhəri yalnız memarlıq və planlaşma həllinə görə deyil, həm də mühəndis hesablamalarının dəqiqliyinə görə də diqqəti cəlb edir.

Yazılı mənbələr kifayət qədər aydın təsəvvür yaradır ki, Qafqaz Albaniyasının bir neçə orta əsr şəhərləri sənətkarlarla, ticarət və əhalinin təhlükəsiz yaşayış mərkəzi olmuşdur. Şəhərin inzibati, dini-siyasi əhəmiyyəti onlarda xeyli baş bilənlərin, sənətkarların, tacirlərin olması və şəhər özünü

idarəsinin açıq-aydın əlamətlərinin olması bizdə şübhə yaratmır ki, qarşımızda həqiqi orta əsrlər şəhəridir. Göstərilən Şəmkir, Şatal, Beyləqan və başqa bir sıra klastik məstablı şəhərlərə də aiddir. Möhkəmləndirilmiş məskənlərin sosial siması, həmçinin onların hərbi-strateji əhəmiyyətini aydınlaşdırmaq üçün şəhərin ölçüsü böyük rol oynayır.

Şimal vilayətlərinin şəhərləri arasında əlverişli təbii-coğrafi mövqe tutan Şamaxı şəhərini ayrıca qeyd etmək lazımdır. Yaxən və Orta Şərqi digər şəhərləri kimi Şamaxı da qala divarları ilə əhatə olunmuş iki əsas hissədən istehkam və şəhristandan ibarət idi. Prof. V.H. Muradov hesablamışdır ki, istehkamların sahəsi 6,5 -7 hektara, şəhristanın hissəsi isə 84 hektara bərabərdir. Şəhərin ümumi ərazisi təxminən 91 hektara bərabər olmuşdur.

Şamxorçayın sol sahilində, böyük ticarət yolunun üzərində duran, qədim məskunlaşmadan yaranmış Şəmkir şəhəri diqqəti cəlb edir. Arranın digər şəhərlərindən fərqli olaraq Şəmkir 1225-ci ildə monqollar tərəfindən istila edildikdən və dağıldıqdan sonra bərpa edilməmişdir. Zbunun sayəsində də müəyyən dərəcədə biz bu qədim şəhərin strukturunu təsəvvür edə bilirik. Şəhristan hissə geniş ərazini tutur, qərb-şərq istiqamətində olmaqla dördbucaq biçimlidir, şimal, qərb, cənub divarları nisbətən yaxşı mühafizə olunmuşdur. Narıncıqala şəhristanının şərqində 1 hektara yaxın sahəyə yaxın sahəyə malikdir. Şəhristanın ərazisi bismiş kərpic qırıqları, çay daşları, yerli ağ daş və kərəc parçalarından ibarət inşaat materialları ilə zəngindir.

**Müzakirə.** Tədqiq edilən qədim məskənlər içrisində Şatal şəhəri xüsusi yer tutur. Onun qalıqları Goranboy rayonunun Şərqi Gəncəbasar Rəhimli kəndinin cənubi-şərqində tapılmışdır. Memar-arxeoloji tədqiqatlara əsasən abidənin V əsrə aid olması qeyd olunur. Qafqaz Albaniyasının möhkəmlənmiş şəhərləri olan Gəncə, Şəmkir, Şabran şəhərlərinə əsaslanaraq qədim Şabran məskəninin xüsusiyyətləri haqqında ümumi təsəvvür yaratmaq olar. Akademik Z. Bünyadov X. Qəzvinin məlumatlarını təsdiq edərək yazır ki, əsrin ortalarında Qafqaz Albaniyasının ərazisində keçilməzliyi və möhkəmliyi ilə şöhrət qazanmış çoxlu qalalar var idi. Belə qalalardan biri düşməni dəf etməkdə böyük rolu olan və Gəncədən 40 km aralıda yerləşən, planda düzbucaqlı formada olan və Şatal qalasının qalasının qalıqları yerləşən yerə uyğun gələn Şutur qalasıdır. Q.M. Əhmədov Şatal və Beyləqan qalalarının eyni vaxtda tikildiyini təsdiq edir. Ən hündür qaladan tonqalın işığı Bərdə və Gəncədən görünürdü.

Fortifikasiya qurğularının klassik nümunəsi Beyləqan-Orenqala qalasıdır. Qədim şəhər yerində meydana gələn, tarixşünaslarla Paytakaran adı ilə qeyd edilən Orenqala-Beyləqan şəhərinin qalıqları Mil düzündə Beyləqan ilə Ağcəbədi rayonları arasında müasir Kəbirli kəndinin ərazisində yerləşir. Paytakaran, Beyləqan, Orenqala, Baləkən, Min-Minarə, Yunan, “Əcaib-əd-dünya” əsərində şahların daimi iqamətgahı adlanan çox böyük sənət-istehsal və ticarət mərkəzi idi. Şəhərin sahəsi 40 hektar olan geniş təpə kimi təqdim edilir, tərəfləri 580-600 metrdir. Sahəsi 14 hektar olan “Yeni şəhər” adlanan, şəhərin şimal-şərqində əsas hissəni əhatə edir. Bu cənubi-şərqdən və cənubi-qərbdən köhnə şəhərə bitişən və işıq tərəfə yönələn tərəfləri 370-380 metr, planda təqribən kvadrat olan qaladır. Qeyd etmək lazımdır ki, yeni şəhərin divarları ucalarkən köhnə divarların fortifikasiya xüsusiyyətləri nəzərə alınmamışdır. Ona görə də yeni qüllənin yerləşdiyi yer ən köhnənin yerləşdiyi yerlə uyğun gəlmir. Beyləqan şəhərinin əhəmiyyəti onun cənubda İran, Ərəb ölkələri ilə, şimalda İberiya və baş. qaları ilə birləşdirən karvan yolundakı vəziyyəti ilə müəyyən olurdu.

Dəvəçi rayonunun ərazisində Şahnəzərli kəndində ərazisi 40 hektarı əhatə edən qədim antik dövrdə meydana gələn Şabran şəhərinin dağıntıları yerləşir. Bu zonada Qafqaz dağları Xəzər dənizinə sıx birləşərək dar aralıq sahili zolağını əmələ gətirir. Qədim zamanlardan bu ərazi üzrə cənubi Şərqi Avropanı qabaq Asiya ilə əlaqələndirən məşhur yol uzanır, mənbələrdə bu rayon “Kaspi” Alban və Dərbənd qapıları adlanır. Böyük Şabran şəhəri zonası və onun keçidlərinin hər zaman çox böyük iqtisadi, hərbi strateji və ticarət-iqtisadi əhəmiyyəti olmuşdur. Klassik üslublardan fərqli olaraq Şabran şəhərində qala şəhərin yüksək səviyyəyə çatmış fortifikasiya qurğularından sonra tikilmişdir. Tarixi mənbələr göstərir ki, şəhərdə gil trubalar vasitəsilə ondan 14 km aralıda yerləşən bulaqlardan su çəkilmişdir. Arxeoloji kəşflər çaya tökülən kanalizasiya sistemini aşkara çıxartmışdır.

Qədim şəhərlərdən biri Ağdaş rayonunda yerləşən Şirvan vilayətinin şimal-şərqində əsas şəhər kimi “Gəncə və Şabran şəhərləri arasında” mühüm strateji məntəqəsi olmuş, mütəxəssislərin rəhbərliyi ilə tikilmiş, möhkəmləndirilmiş Ərəş məskənidir. Araşdırmalar böyük şəhər olan Ərəşin

bizim eranın V-ə əsrə aid olduğunu deməyə bizə imkan verir. Süni platformada vyerləşən şəhər təxminən kvadrat formadadır. (215×200m). Qafqaz Albaniyasının bütün əraqlərində izlədiyimiz süni kanalın mövcud sisteminə rast gəlirik. Mənbələrdən məlum olur ki, Ərəş şəhəri Şirvan vilayətinin şimal-qərbində əsas şəhərdir. Bu, “Gəncə şəhəri ilə Şabran arasında” mühüm strateji mantəqə idi və buna xüsusi diqqət yetirirdilər. Qeyd etmək istərdik ki, Ərəş şəhərinin fortifikasiya qurğularının düşünülmüş şəkildə ucadılması, relyefin bütün xüsusiyyətlərdən istifadə edilərək təbii maneələrin gücləndirilməsi tikintinin yüksək səviyyəsindən xəbər verir.

**Nəticə.** Qafqaz Albaniyasının ərazisindəki qədim şəhərlərin olması bütün mənbələrdə insanların mühəndislik fəaliyyətinin yayılmasını sübut edir, yüksək tikinti və texniki səviyyənin olmasından xəbər verir. Möhkəmləndirilmiş şəhərlərin şəhərsalmasının tarixi inkişafında yerli kolorit mövcud idi və onların inkişafı antik dövrdə olduğu kimi ortaqlar da müxtəlif tikintilərdə, bədii təzadlardan və möhkəmləndirilmiş şəhərlərin siluetindən asılı idilər. Müxtəlif vaxtlarda möhkəmləndirilmiş şəhərlərin müqayisəsi Qafqaz Albaniyasının ərazisində məskunlaşmış xalqların tarix boyu əlaqələrinin ardıcılığı və ənənələrin möhkəmliyini sübut edir. Qeyd edək ki, Qəbələ, Gəncə, Beyləqan, Şəmkir, Şatal və bu kimi çox şəhərlər xalis Alban cizgilərini itirməyərək dağılıqdan sonra məhz tikintiləri bərpa etmişlər. Şərqi, Qərbi və Şimal xalqlarının mədəni əlaqələri bu torpaqda kəşiflər, memarlığın inkişafı yollarına öz müsbət təsirini göstərdi. Memarlıq möhkəmləndirilmiş qala və şəhərlərin qeyri –adi bədii həllini tapırdılar, yerin relyefində inam, düşmənlərdə isə qorxu, dəhşət yaratmaqlı idilər. Əyani olaraq biz bunu Qəbələ, Gəncə, Beyləqan, Şəmkir və başqa bu kimi möhkəmləndirilmiş şəhərlərdə görürük. Möhkəmləndirilmiş şəhər və qalaların çevrəsi, şəhərsalma sənətinin müəyyən ustalığı və prinslərdən görünməsi mümkün olan yerin konkret şəraitindən irəli gəlirdi. Böyüklüyündən asılı olmayaraq onlar sözün əsl mənasında şəhər idilər. Söyləmək olar ki, təsvir olunan tikiləri yaratmış böyük, qeyri-adi mədəniyyətə malik Azərbaycan xalqının yüksək səviyyəli memarlıq, tikinti və istehkam memarlığı ustaları vardır. Şübhəsiz ki, möhkəmləndirilmiş şəhərlər Azərbaycanın maddi mədəniyyət abidələri kimi araşdırılmalıdırlar.

### İstinadlar

1. Аллахвердиева, С. И., & Мамедова, Г. Г. (1989). Проблема преемственности в раннесредневековой архитектуре Кавказской Албании. III респ. конференция, Проблемы архитектуры и градостроительства. Баку
2. Аллахвердиева, С. И. (2004). Градостроительство Кавказской Албании. Баку
3. Ахмедов, Г. М. (1979). Средневековый город Байлакан. Баку
4. Ахундов, Д. А. (1986). Архитектура древнего и раннесредневекового Азербайджана. Баку: Азернешр
5. Мамедова, Ф. (1986). Политическая история и историческая география Кавказской Албании III в. до н. э. Баку
6. Бабаев, И. А. (1990). Города Кавказской Албании в IV в. до н. э. - III в. н. э. Баку
7. Ивановский, А. А. (1956). Археологические наблюдения по Кавказу. История Азербайджана. Баку
8. Мамедова, Г. Г., & Мамедова, З. Г. (2013). История Архитектуры Азербайджана. Архитектура средних веков (XVIII-XIV вв.). Баку

### References

1. Allahverdiyeva, S.I., & Mamedova, G.G. (1989). The problem of continuity in early medieval architecture of Caucasian Albania. III Republican Conference, Problems of Architecture and Urban Planning. Baku
2. Allahverdiyeva, S.I. (2004). Urban planning of Caucasian Albania. Baku
3. Akhmedov, G.M. (1979). The medieval city of Baylakan. Baku
4. Akhundov, D.A. (1986). The architecture of ancient and early medieval Azerbaijan. Baku: Azerneshr

5. Mamedova, F. (1986). Political history and historical geography of Caucasian Albania in the 3rd century BC. Baku
6. Babaev, I. A. (1990). Cities of Caucasian Albania from the 4th century BC to the 3rd century AD. Baku
7. Ivanovskiy, A.A. (1956). Archaeological observations in the Caucasus. History of Azerbaijan. Baku
8. Mamedova, G.G., & Mamedova, Z.G. (2013). History of Azerbaijani Architecture. Architecture of the Middle Ages (18th-14th centuries). Baku

*Məqaləyə istinad: Allahverdiyeva, S.İ. (2025). Qafqaz Albaniyasının şəhərlərinin planlaşdırılma əsasları. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzMIU, 1, 5-10*

*For citation: Allahverdiyeva, S. I. (2025). Principles of city planning of Caucasian Albania. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzUAC, 1, 5-10*

Redaksiyaya daxil olma/Received 14.09.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 13.11.2024

## İQLİM DƏYİŞMƏLƏRİNİN MEMARLIQ ABİDƏLƏRİNƏ TƏSİRİ

**Abdullayeva Nigar Azər qızı**– doktorant, Memarlıq konstruksiyaları və abidələrin bərpaş kafedrası, AzMİU, aliyeve\_88@hotmail.com

**Xülasə.** Birləşmiş millətlər təşkilatının (BMT) İqlim Dəyişikliyi üzrə Çərçivə Konvensiyası (the Conference of the Parties COP) missiyası iqlim sisteminə insanlar tərəfindən edilən və təhlükəli hesab oluna bilən bütün müdaxilələrin qarşısını almaq üçün tələblərin, tövsiyələrin icrasına nəzarət etməkdir. Bu tələblər əsasən qlobal istiləşmə tempini səngitmək, qlobal istiləşməyə məruz qalan ərazilərin adaptasiyasına dəstək olmaq və 2050-ci ilə qədər sıfır emissiyaya nail olmaqdır. Azərbaycan Respublikası BMT-nin COP üzvü olmaqla qlobal iqlim dəyişmələrinə qarşı mübarizəyə qoşulub. Ölkəmiz 1990-cı illə müqayisədə 2030-cu ilə qədər istilik effekti yaradan qazların miqdarını 35 faiz azaldılmasını hədəfləyir. 2030-cu ildən sonra isə daha iddialı hədəf müəyyən edilib ki, bu da 2050-ci ilə qədər istixana qazlarının miqdarını 40 faiz azaldılmasından ibarətdir.

**Açar sözlər:** qlobal iqlim dəyişikliyi, ekoloji böhran, antropagen təsirlər, memarlıq abidələri, mədəni irs, abidələrin qorunması

## IMPACT OF CLIMATE CHANGES ON ARCHITECTURAL MONUMENTS

**Abdullayeva Nigar Azer-** PhD student, department of Architectural constructions and restoration of monuments, AzUAC, aliyeve\_88@hotmail.com

**Abstract.** The COP's mission is to monitor the implementation of requirements and recommendations to prevent all human-made interventions in the climate system that can be considered dangerous. These requirements are mainly to slow the pace of global warming, support the adaptation of areas affected by global warming and achieve "0" - zero emissions by 2050. The Republic of Azerbaijan joined the fight against global climate change by becoming a member of the UN Framework Convention on Climate Change. Our country aims to reduce the amount of greenhouse gases by 35 percent by 2030 compared to 1990. After 2030, a more ambitious target has been set, which consists of reducing the amount of greenhouse gases by 40 percent by 2050.

**Keywords:** Global climate change, ecological crisis, anthropogenic effects, architectural monuments, cultural heritage, preservation of monuments

**Giriş.** İqlimə təhlükəli antropogen müdaxiləsinin qarşısının alınması üçün 1992-ci ildə Riode-Janeyro şəhərində keçirilmiş Yer sammitində Çərçivə Konvensiyası imzalanmışdır. Hazırda katibliyi Bonn şəhərində yerləşən COP (Conference of the Parties; Tərəflərin Konfransı) 1995-ci ilin mart ayında Almanıyanın Berlin şəhərində BMT-nin İqlim Dəyişikliyi üzrə Çərçivə Konvensiyası üzərində ali qərarların verilməsi üçün yaradılmışdır. Bu konvensiyanın ən üst qərarverici qurumu COP -dur və konvensiyaya tərəfdaş olan, onu ratifikasiya edən ölkələr (hazırda 198 ölkə) təmsil olunur. COP-un missiyası iqlim sisteminə insanlar tərəfindən edilən və təhlükəli hesab oluna bilən bütün müdaxilələrin qarşısını almaq üçün tələblərin, tövsiyələrin icrasına nəzarət etməkdir. Bu tələblər əsasən qlobal istiləşmə tempini səngitmək, qlobal istiləşməyə məruz qalan ərazilərin adaptasiyasına dəstək olmaq və 2050-ci ilə qədər "0" – sıfır emissiyaya nail olmaqdır. Sonuncu, COP28 adlandırılan 28-ci konfrans 2023-cü ilin 30 Noyabr-12 Dekabr tarixlərində Birləşmiş Ərəb Əmirliklərinin Dubay şəhərində keçirilmişdir (şəkil 1.). Konfransda dünyanın 195 ölkəsindən təxminən 97 min nəfərdən çox nümayəndə heyəti iştirak etmişdir. Növbəti, COP-29 olaraq adlandırılacaq konfrans isə 2024-cü ilin 11-24 Noyabr tarixlərində paytaxtımızda keçiriləcək. Bu COP28 konfransında iştirak edən 195-dən çox ölkənin yekdilliklə səsverməsi nəticəsində qərara alınmışdır.



Şəkil 1. BƏƏ keçirilmiş COP 28-dən görüntü

Azərbaycan Respublikası BMT-nin İqlim Dəyişmələri üzrə Çərçivə Konvensiyasına üzv olmaqla global iqlim dəyişmələrinə qarşı mübarizəyə qoşulub. Ölkəmiz 1990-cı illə müqayisədə 2030-cu ilə qədər istilik effekti yaradan qazların miqdarını 35 faiz azaldılmasını hədəfləyir. 2030-cu ildən sonra isə daha iddialı hədəf müəyyən edilib ki, bu da 2050-ci ilə qədər istixana qazlarının miqdarını 40 faiz azaldılmasından ibarətdir.

**Metodologiya.** Müasir dünyamızı narahat edən problemlər sırasında iqlim dəyişmələri ön sıralarda yer alır. İqlim dəyişmələri artıq baş verir və onun fəsadları özünü biruzə verir. Belə ki, İqlim dəyişmələri üzrə Hökumətlərarası Ekspertlər Qrupunun IV Hesabatında son 100 ildə Yer kürəsində orta illik temperatur 0,80C yüksəlməsi, Okeanın səviyyəsi 15-25 sm qalxmış və okeanların qızma dərinliyi 3000 metrə çatması qeyd olunur. Hazırlanmış hesabatdan məlum olur ki, Yer kürəsində 1,6Vt/m<sup>2</sup> artıq enerji qalır ki, bu da okeanların və yer səthinin qızmasına sərf edilir. Bu enerjinin yalnız 1/5 hissəsi təbii amillər hesabına yaranır. Yerdə qalanı isə antropogen mənşəlidir və antropogen təsirlərin əsas səbəbi troposferin yuxarı qatında yerləşən İstilik Effekti Yaradan Qazlar (İEYQ) göstərilir. The Guardian nəşrinə COP29 prezidenti Muxtar Babayev verdiyi müsahibədə qeyd edir ki, “Əgər yoxsul ölkələr emissiyaları azaltmaq, iqlim böhranının təsirlərinə uyğunlaşmaq və aldıkları hər hansı iqlim maliyyəsinə hesablamaq üçün cəhd etdiklərini isbat edə bilsələr, inkişaf etmiş ölkələrin iqlim maliyyəsinə onlardan əsirgəmək üçün daha az bəhanələri olacaq”. Nəşrin məlumatına görə, paytaxtımızın ev sahibliyi edəcəyi COP29 tədbirində yoxsul ölkələrə iqlimlə bağlı vəsait vermək, onlara İEYQ emissiyalarını azaltmaq və ekstremal havanın təsirlərinə uyğunlaşmaqda kömək etmək üçün inkişaf etmiş ölkələrdən yeni global hədəflərə doğru gəlmək gözlənilir (şəkil 2).



Şəkil 2. COP29.Hazırlıqlar ərəfəsində

Yer kürəsinin müxtəlif ərazilərində sellər, daşqınlar, su basmalar, güclü küləklər, çovğunlar, tufanlar, okeanlarda qasırğalar, torpaq sürüşmələri və sairə daha tez-tez baş verir ki, bu da insan

tələfatına və dağıntılara səbəb olur. Azərbaycan da global iqlim dəyişmələrinin təsirindən kənarda qalmayıb. Son 100 ildə Azərbaycan ərazisində orta illik temperaturlar 0,4-1,30C-yə qədər artmışdır. Temperatur artımı regionlardan asılı olaraq qeyri-bərabər paylanmışdır. Belə ki, Böyük Qafqazın yüksək dağlıq ərazilərində orta illik temperatur 1,1-1,30C artması müşahidə olunmuşdur. Son 10 illiklərdə Azərbaycan ərazisində kiçik dağ çaylarında sel və daşqınların sayı və gücü artmışdır. Buna səbəb isə bu ərazilərdə aylıq yağış normalarının bir neçə gün ərzində düşməsidir. Son illərdə, yəni 2003 və 2010-cu illərdə Kür və Araz çaylarının daşması nəticəsində çoxlu kəndlər dağılmış, əkin sahələri və mal-qara tələf olmuşdur. Azərbaycan ərazisində baş verən güclü küləklər nəticəsində elektrik və rabitə-kommunikasiya xətlərinin qırılması müşahidə olunmuşdur.

**Yekun fikirlər.** Qlobal iqlim dəyişmələri hesabına yaranan fəsadlar bütün sahələrdə öz mənfi təsirini göstərməkdədir. Bu mənfi təsirə yüzilliklərin şahidi olmuş, hər hansısa bir xalqın və ya ölkənin mənəvi mədəni irsi sayılan, dövlətin və millətin minillik tarixi irsini özündə daşıyıb yeni nəsillərə ötürən memarlıq abidələri də məruz qalır. Dünya mədəni irsinin incilərindən sayılan Potsdamdakı Sanssouci Sarayı və Bağları iqlim dəyişikliyi səbəbindən böyük təhlükə altındadır (şəkil 3). XVIII əsrdə Böyük Frederikin yay meydançası idi. Prussiya kralı onu Sansousi - "qayğısız yer" adlandırdı.



**Şəkil 3.** Sanssouci saray-park kompleksi

İstilik, quraqlıq və güclü yağış 300 illik landşaftın vəziyyətinə mənfi təsir göstərir. Saray-park ansamblının incisi sayılan bu abidə barəsində fikir söyləməzdən əvvəl Copernicus iqlim dəyişikliyi araşdırması xidmətinin topladığı statistikaya nəzər salaq. Onların son hesablamalarına görə, orta temperatur 1991-2020-ci illərin göstəriciləri 0,7°C yüksəlib. İyun-avqust ayları arasında ən isti dövr avqust ayında Portuqaliyada, İtaliyada, Fransada, Şimali Afrikada, həmçinin ABŞ-ın mərkəzi və cənub hissələrində müşahidə olunub. Avropada buna bənzər bir çox tarixi bağlar və saraylar qorunub saxlanılır. Bəs onlar sürətlə dəyişən iqlimə tab gətirə biləcəklərmi? Sanssouci saray-park kompleksinin direktoru Maykl Röderin müsahibələrinin birində bu sözlərə rast gəlirik: “İndi iqlim dəyişikliyi ilə əlaqədar əlavə qayğıya ehtiyac var və istiləşmənin təsiri təxminən on ildir ki, hiss olunur, lakin son altı ildə onlar daha qabarıq nəzərə çarpır. Yağıntı azdır. Torpaq quraqlıqdan əziyyət çəkir, qrunut suları quruyur. Yeraltı su səviyyəsinin aşağı olması səbəbindən bitkilər göbələk və parazitlərə daha həssas olur. Hər il qurumuş ağacların sayı artır. Belə ki, 20 il əvvəl onların sayı bir neçə onlarla idisə, bu gün bir neçə yüzə çatıb. Parkın işçiləri sadəcə olaraq bağı daim sulamağa məcburdurlar”.

Son onillikdə muzey mütəxəssisləri üçün bu xəzinənin Prussiya krallarının dövründə olduğu kimi, orijinal tarixi formada saxlanması getdikcə çətinləşir. Təbii mənzərəni, landşaftı dəyişmək mümkün deyil. Ağaclar, yollar və su kanalları o dövrün layihəçilərinin nəzərdə tutduğu kimi qalmalıdır. Ümid olunur ki, uyğunlaşma strategiyaları həyata keçirilsə və parkda müasir iqlim şəraitinə uyğunlaşdırılmış bitkilər əkilsə, bu mümkün olacaq.

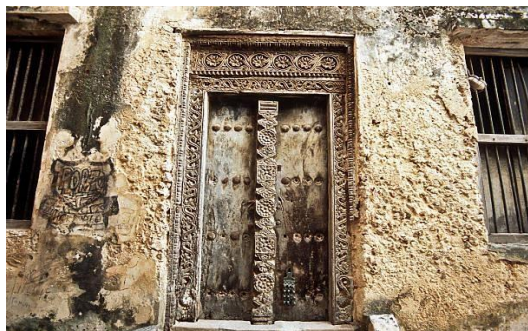
Sansouci kompleksinin sarayları hazırda əlverişsiz hava şəraitindən digər mənfi hallardan əziyyət çəkir. Bu xüsusilə mebel və divar örtüklərini məhv edən yüksək nəmlikdir. Sarayların divarlarını örtən kifin də iqlim dəyişmələrinin hesabına yarandığını mütəxəssislər təşvişlə qeyd edirlər. Hazırda dünyada bir neçə abidələr iqlim dəyişməsi səbəbi ilə böyük risk altındadır. İqlim dəyişikliyini Cenne şəhərinin gil-allüvium strukturlarının tikildiyi yüksək keyfiyyətli gil tədarükünə təsir göstərir. Sudandakı Meroe piramidalarının 2300 ildən çox yaşı var və bu abidələr iqlim dəyişməsinə görə ciddi təhlükə altındadır (şəkil 3.a). Sudandakı Suakin Coral Limanı (şəkil 3.b), Keniyada öz unikal memarlığı ilə seçilən Köhnə Şəhər Lamu (şəkil 3.c), Namibiyada Twyfelfontein Vadisinin qaya rəsmləri (şəkil 3.e) və s eyni təhlükəni yaşayır.



**Şəkil 3.a.** Sudandakı Meroe piramidaları



**Şəkil 3.b.** Sudandakı Suakin Coral Limanı

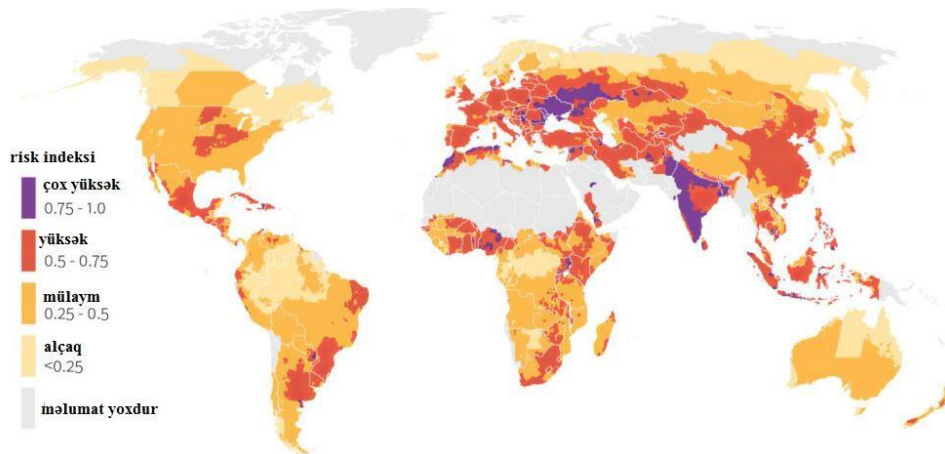


**Şəkil 3.c.** Lamu şəhərindən bir görünüş



Şəkil 3.e.Twyfelfontein Vadisinin qaya rəsmləri

Ümumiyyətlə son illərdə mədəni və təbii irs obyektləri, o cümlədən bir çox Ümumdünya İrs obyektləri meşə yanğınları, daşqınlar və qasırğalar tərəfindən təhlükə altındadır. UNESCO-nun məlumatına görə, Dünya Maddi və Mənəvi İrs Siyahısına daxil olan meşələrin təxminən 60 faizi iqlim dəyişikliyi səbəbindən təhlükə ilə üzləşir. İqlim dəyişmələri su böhranının və quraqlığın yaranmasına səbəb olur (şəkil 4).



Şəkil 4. Dünyanın quraqlıq riskinin xəritəsi

İqlim dəyişiklikləri vətənimizdə olan minillik tarixi abidələr, təbii qoruqlara da təsirsiz ötüşməyib. UNESCO-nun siyahısında olan ən azı 6 obyekt hazırda ölkədə iqlim dəyişikliyi nəticəsində təhlükə altındadır. Tariximizin daş, yalçın qayalarda həkk edilmiş incisi olan Qobustan Dövlət Tarixi-Bədii Qoruğu bütün dünyada məşhurdur. 2011-ci ildə Qobustanda böyük müasir muzey açıldı. 2460m<sup>2</sup> sahəsi olan muzeydə Ümumdünya İrs abidələrindən, petroqliflərin kəşfi tarixindən, Qobustan ərazisində yaşayan qədim insanlardan, ilkin fauna və floradan söz açan ekspozisiyalar yer almışdır. Burada arxeoloqlar tərəfindən tapılmış 100 mindən artıq əşya saxlanılır.. 2013-cü ildə Qobustan muzeyi “Avropanın ən yaxşı muzeyi” müsabiqəsinin qalibləri sırasında yer almışdır. Bu gün, Qobustanda tapılmış qayaüstü rəsmlər sayəsində biz qədim əجدadlarımızın həyatına nəzər sala bilirik, onların məişəti, haqqında anlayışlarımız formalaşır. Qobustanın daş kitabəsi hələ də sonadək oxunmamışdır. Onun bir çox səhifələri hələ tapılmamışdır. Qaya təsvirlərində qəbilə həyatının demək olar ki, bütün əsas cəhətləri öz real əksini tapmışdır (şəkil 5). Sürək yolu ilə kollektiv ovçuluq ox icad edildikdən sonra formasını dəyişsə də, xeyli müddət kollektivliyini itirmir. Bu, Böyükdaşdakı 45 nömrəli qayada təsvir olunmuş oxla kollektiv ov səhnəsindən aydın görünür. "Yeddi Gözəl" mağarasında çəkilmiş şəkillərdən məlum olur ki, ovçuluqda qadınlar da iştirak edirlərmiş.

Böyükdaşda 126 nömrəli qayadakı şəkil də böyük maraq doğuran təsvirlərdəndir. Burada bir kişi, bir qadının əlindən tutaraq aparmaq istəyir, lakin qadın getmək istəmir. Şəkildəkilərin hər ikisi orta yaşlı insanlardır. Belə bir səhnə 128 nömrəli qayada da təsvir olunmuşdur. Bu təsvirdəki kişi ox və dəyənəklə silahlanmışdır.

Böyükdaşdakı 8 nömrəli və bir sıra başqa qayalarda çoxlu gəmi təsviri vardır. Bu gəmilərin burnunda şüalanmış günəş şəkli nəqş olunmuşdur. Buradan görünür ki, qobustanlılar gəmi vasitəsiylə dənizə çıxma bilirdilər. Bu gəmi təsvirləri, onların Ön Asiya və Yaxın Şərq ölkələri ilə ticarət əlaqələri saxladığına işarə edir. Böyükdaşdakı 258 nömrəli qayada sağ əlində uçmağa hazırlaşan şahin olan atlı şəkli çəkilmişdir. Buradakı 45 nömrəli qayada çəkilmiş inək şəklinin boynunda ip olması qobustanlıların çöl heyvanlarını əhəlləşdirmələrindən xəbər verir. Bütün bu və digər rəsmlər elə bil ki, qobustanlıların həyatı haqqında səhifələrin daşlaşmış gözəl albomudur. Qobustan Azərbaycan rəsm mədəniyyətinin ilk ocaqlarından biri olduğu kimi, həm də qədim rəqs və musiqi mədəniyyətinin formalaşdığı ərazilərdən biridir. Qobustandakı şəkillər içərisində rəqs mərasimi təsvirləri xüsusi yer tutur.



Şəkil 5. Qobustan qaya üstü təsvirlərindən nümunələr

**Müzakirə.** Son illərdəki iqlim dəyişmələrinin törətdiyi fəsadlar tariximizin bu incisindən də yan keçməyib. VI Ümumdünya Mədəniyyətlərarası Dialoq Forumunun "Keçmiş və gələcəyin mühafizəsi: iqlim dəyişikliyi fonunda mədəni irs" panel sessiyasında bu barədə fikir mübadiləsi olmuşdur və qeyd edilmişdir ki, iqlim dəyişmələrinin təbiətə, mədəni abidələrə təsiri Azərbaycandan da yan keçməyib. İqlim dəyişikliyi memarlıq nümunələrimizə, Qobustan qayaüstü rəsmlərinə də mənfi təsir göstərir. İqlim dəyişməsinin dolayı yolla təsir göstərdiyi abidələrə Quba şəhərində Soyqırımı Memorial Kompleksi ərazisində yerləşən ermənilər tərəfindən 1918-ci ildə kütləvi qırğınlar nəticəsində həlak olan kütləvi insan məzarlığını da göstərmək olar.

Əlbəttəki son illərdə kəskin müşahidə edilən global iqlim dəyişiklikləri Azərbaycanın qədim şəhərlərindən olan tarixi Gəncə şəhərində memarlıq abidələrindən də yan keçmədi. Yerli və beynəlxalq tarixi mədəni dəyəri olan memarlıq abidələri ətraf mühitin aqressiv təsirinə məruz qalmışdır. İqlim dəyişmələri və ətraf mühitin təsiri nəticəsində burada abidələrə ziyan vuran amillər kimi aşağıda sadalananları göstərmək olar:

- xarici hasarların aşınmasına səbəb olan külək;
- binaları həm xaricdən, həm də içəridə məhv edən yüksək nəmlik;
- xarici hasarların davamlılığına mənfi təsir göstərən istilik və ultrabənövşəyi təsirlərə malik günəş radiasiyası;

Atmosfer yağıntılarının abidələrin divarlarına birbaşa təsiri aşağıdakı hallarda baş verir: yağış və qarın binanın səthinə dəydikdə divarların nəmləndirilməsi (xüsusilə karnizlər kiçik olduqda və fəsadın çıxan elementlərində dam örtüyü olmadıqda);

- qarın əriməsi və daxili drenajın olmaması səbəbindən isti dam örtüklərində buzun əmələ gəlməsi; • novların, dam örtüyünün və xarici drenaj borularının nasazlığı;

Torpaq nəmliyi torpaqdan binaların divarlarına daxil olur, kondensasiya və atmosfer rütubətindən daha intensiv şəkildə divar və tavan dekorativ bəzəklərin məhvinə səbəb olur. Torpağın rütubəti ilə birlikdə qeyri-üzvi duzlar və həll edilmiş üzvi maddələr divarların və rəsmlərin hörgülərinə daxil olur.

**Nəticələr.** Gəncə şəhərində iqlim dəyişmələri hesabına və ətraf mühitin aqressiv təsirinə məruz qalan abidələrə ən bariz nümunə kimi Bağmanlar küçəsindəki məscidi göstərmək olar. İbadətqah 1884-cü ildə inşa edilib. İbadət evi Mirzə Kərim bəy Rəfibəylinin təşəbbüsü və digər məhəllə ağsaqqalarının təşkilatçılığı ilə məhəllə sakinlərinin vəsaiti hesabına tikilib. Məscid, həmçinin Mirzə Kərim bəyin adı ilə tanınır. İbadətqah kərpicdən inşa edilib və əlbətdəki artıq havanın təsirini üzərində görə bilir (şəkil 6).



**Şəkil 6.** Mirzə Kərim bəy məscidi. Gəncə şəhəri

Burada məscidin dam hissəsində nəmliyin izləri var, divarlarında qurultuların təsiri nəticəsində kərpic ovulub tökülür, bundanda əlavə ümumi görünüşü tamamilə xoşagəlməz haldadır. Məscidin meşəbəni tağvari formadadır, hündürlüyü 4 metrdir və o, əsas giriş qapısı ilə üzbəüz yerləşib. İbadət evinin pəncərələri milli memarlığımıza xas olan şəbəkə ilə işlənib. İbadətqahın günbəzi 8 guşədən ibarət olan tağlar üzərində yerləşib. Məscid Gəncə şəhərinin birinci katibi Həsən Həsənovun dövründə (1979-1981-ci illər) bərpa edilib. Bala Bağman məscidi yerli əhəmiyyətli tarixi abidə hesab edilir.

Yaddan çıxarmaq olmaz ki, mədəni tarixi irsin nümunələri olan memarlıq abidələri, qədimi saray-park kompleksləri həmişə ətraf-mühitin bir hissəsi olub və onun təsirlərinə məruz qalır. Aydın ki, qeyd olunan aqressiv-dağıdıcı amillər memarlıq abidələrinin, saray-park komplekslərinin yaşından asılı olaraq müxtəlif təsir effektivinə malik olur. Təmir-tikinti, bərpa işləri zamanı iqlim dəyişmələri mütləq nəzərə alınmalıdır, lakin bununla yanaşı ərazinin tarixi landşaft memarlığının və abidənin qədimi ilkin görkəminin düzgün saxlanması mütləqdir.

### Ədəbiyyat

1. <https://report.az/medeniyyet-siyaseti/medeniyyetlerarasi-dialog-forumu-iqlim-deyisikliyi-fonundamedeni-irs-movzusunda-plenar-sessiya-kecirilib/>
2. <https://www.bbc.com/russian/news-54400887>
3. Azərbaycan Respublikası məscidlərinin ensiklopediyası. Bakı-2001.
4. Fərrux Əhmədov. Gəncənin Tarix yaddaşı. Bakı-1998.
5. <https://gancapost.info>
6. <https://www.youtube.com>
7. <http://www.mct.gov.az>

References

1. <https://report.az/medeniyyet-siyaseti/medeniyyetlerarasi-dialog-forumu-iqlim-deyisikliyi-fonundamedeni-irs-movzusunda-plenar-sessiya-kecirilib/>
2. <https://www.bbc.com/russian/news-54400887>
3. Encyclopedia of mosques of the Republic of Azerbaijan. Baku-2001.
4. Farrukh Ahmadov. Historical memory of Ganja. Baku-1998.
5. <https://gancapost.info>
6. <https://www.youtube.com>
7. <http://www.mct.gov.az>

*Məqaləyə istinad: Abdullayeva, N. A. (2025). İqlim dəyişmələrinin memarlıq abidələrinə təsiri. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzMİU, 1, 11-18*

*For citation: Abdullayeva, N. A. (2025). Impact of climate changes on architectural monuments. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzUAC, 1, 11-18*

Redaksiyaya daxil olma/Received 23.09.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 23.11.2024

## QUDYALÇAY ÜZƏRİNDƏ DAYAQLARI QƏDƏR MÖHKƏM OLAN TAĞLI KÖRPÜNÜN AZƏRBAYCAN ÜÇÜN TARİXİ ƏHƏMİYYƏTİ

**Balakışiyev İlqar Mövlud oğlu**- m.ü.f.d, baş müəllim, Memarlıq konstruksiyaları və abidələrin bərpası kafedrası, AzMİU, ilqar-1980@mail.ru

**Xülasə.** Deyirlər, mədəniyyət yoldan başlayır. Keçilməz yolların əvəzolunmaz vasitəsi isə körpülərdir. Müasir dövrdə körpülərin çoxunu dəmir betonla tikirlər, amma qısa müddətdə həmin körpü dağılır. Maraqlısı isə budur ki, başqa körpüləri sel suları yuyub aparır, amma bu "Tağlı körpü" bircə dəfə də olsun, dağılmayıb. Gələcək nəsillər üçün bu tarixi mühəndis tikilinin-körpünün tarixini qoruyub saxlamaq və onun tarixi, memarlıq-bədii dəyərini üzə çıxarmaq bir memarlıq abidəsi olaraq vacib əhəmiyyətə malikdir. Bunları nəzərə alaraq müəllif bu abidənin də, mahiyyətini dərinlən öyrənmək onu tədqiq edərək müəyyən etmək və elmi gündəliyə gətirilməsini lazım bilib, mövzunu seçmiş və bu memarlıq abidəsini araşdırılmasında özünə məqsəd seçmişdir. Bu tarixi körpü indi də öz möhtəşəmliyini qoruyub saxlayır. Gələcək nəsillər üçün də bu abidəni qoruyub saxlamaq lazımdır.

**Açar sözlər:** Quba, körpü, tikili, tarixi memarlıq abidəsi

## THE HISTORICAL SIGNIFICANCE FOR AZERBAIJAN OF THE ARCHED BRIDGE OVER THE QUDYALCHAY, WHOSE PIERS ARE AS STRONG AS EVER

**Balakishiyev Ilqar Movlud**– PhD in arc., senior lecturer, department of Architectural structures and restoration of monuments, AzUAC, ilqar-1980@mail.ru

**Abstract.** They say that culture begins with the road. And the indispensable means of overcoming impassable roads are bridges. In the modern era, most bridges are built with reinforced concrete, yet many of them collapse within a short period. What's interesting is that while many other bridges have been swept away by floodwaters, this "Arched Bridge" has never once been destroyed. Preserving the history of this architectural structure—a bridge—for future generations and uncovering its historical, architectural, and artistic value is of great importance as a cultural monument. Taking these factors into account, the author has considered it necessary to study this monument in depth, to research and identify its significance, and to bring it into the scientific discourse. For this reason, the topic was chosen, and the author made it their goal to investigate this architectural monument. This historical bridge still preserves its magnificence to this day. It is essential to protect and preserve this monument for future generations as well.

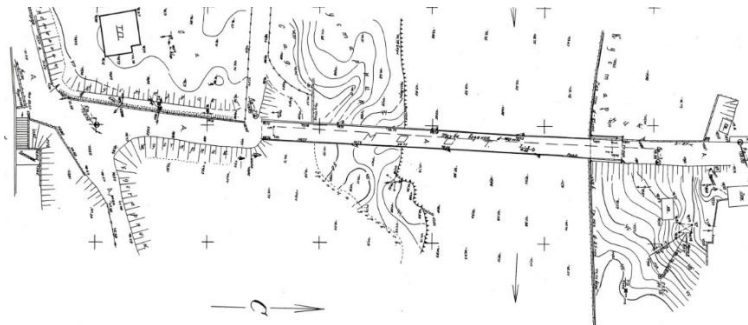
**Keywords:** Quba, bridge, building, historical architectural monument

**Giriş.** Azərbaycanın qədim keçmişinə yol salan körpülər tarixi mədəniyyətimizin mühüm bir hissəsini təşkil edir. Hərəkət etdiyimiz yollarda qurulan, yol şəbəkəsini şaxələndirərək müxtəlif hərəkət istiqamətlərini, eləcə də maneələr üzərindən asanlıqla keçmək şəraitini yaradan qurğu körpüdür. Tarixən Azərbaycanın mühüm ticarət mərkəzlərindən olan Dərbənd, Şamaxı, Quba, Gəncə, Bərdə, Qəbələ, Naxçıvan, və s. kimi şəhərlərin karvan yolları üstündə bir çox körpülər salınmışdı. Azərbaycan unikal memarlıq abidələri ilə zəngin olan bölgələrimizdən biri də Qubadır. Kökləri çox qədimlərə gedib çıxan bölgənin bir sıra əhəmiyyətli abidələri burada insanların çox uzaq tarixdən bəri yaşadığını sübuta yetirir. Rayonun günümüzə qədər gəlib çıxan belə tarixi abidələrindən keçmiş mühəndis tikililərindən dövrümüzə qədər qorunub saxlanılan abidələr içərisində mühüm tarixi-memarlıq əhəmiyyətinə malik olanlardan biri də "Tağlı körpü"dür. (Şəki 3). "Tağlı körpü" Qubanın ən möhtəşəm tarixi-memarlıq abidələrindən biridir və Şərqi üslubunda inşa olunub. Qudyalçay üzərində salındığı üçün həm də bu çayın adını daşıyır. Körpü 1894-cü ildə rus çarı III Aleksandrın layihəsi ilə rusların Qafqazda öz hərbi dayaqlarını möhkəmləndirmək məqsədilə tikilib. (Şəki 1).

Bundan əvvəl isə onun yerində dirəklər üzərində salınmış taxta körpü mövcud imiş. Həmin körpünün salınması isə 1851-ci ilə təsadüf edir.



Şəkil 1. Quba şəhəri. Tağlı körpü 1894-cü il [1]



Şəkil 2. Quba şəhəri. Tağlı körpü 1894-cü il [2,3]

**Metodologiya.** XIX əsrdə Quba qəzasında 7 körpü olmuşdur. Amma onlardan yalnız "Tağlı körpü" günümüzdə qədər qorunub saxlanılmışdır. Körpünün salınması zərurəti XVIII əsrin sonlarında,

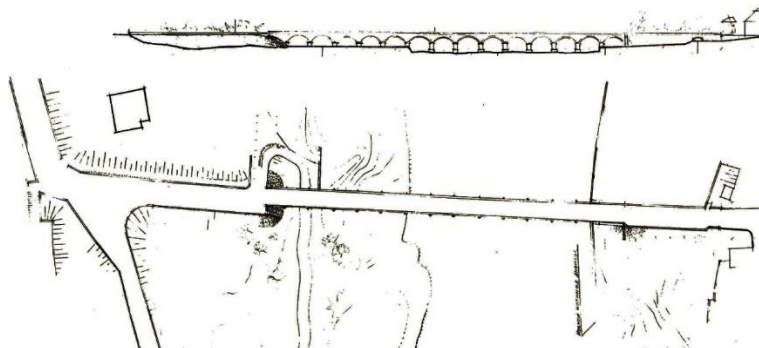
XIX əsrin əvvəllərində yaranmışdır. Taxta körpünün ömrünün az olması yeni - Tağlı körpünün inşasına səbəb olub. Bu səbəbdən onun yerində yeni körpü salmaq zərurəti yaranmışdır. Körpü yarımdayıqvi biçimli tağlar sistemi əsasında yaradılıb və dayaqlara söykənən tağlar bişmiş kərpicdən hörülüb. Əvvəlcə körpünün 19 dirək üzərində tikilməsi nəzərdə tutulmuşdur. Lakin onun tikintisi zamanı aşırımlar ixtisar olunmuş və körpü 14 daş dayaq üzərində tikilmişdir. Yarımdayıqvi biçimli tağlar sistemi bişmiş kərpicdən hörülmüş və bir-birindən 11,1 metr aralı olan dayaqlara soykənir. Körpünün tağları altından hər iki sahildəki yaşayış məntəqələrinə və şəhərə ecazkar romantik bir mənzərə açılır. Körpünün tağı əsas kərpic hörgüsü ilə birlikdə inşa edilmişdir. Tağ dayaqlar üzərində dayanan körpünün bünövrəsi yaxşı yonulmuş daşlardan hörülmüşdür. (Şəki 3-5).



**Şəkil 3.** Qubanın Qırmızı qəsəbəsini şəhərin mərkəzi ilə birləşdirən körpü [3]

Bu abidə Qubanın Qırmızı qəsəbəsini şəhərin mərkəzi ilə birləşdirən körpüdür. Bu körpüdən əsrlərdir yerli və burada yaşayan dağ yəhudiləri istifadə edərək, qonşuluq şəklində yaşayırlar. "Tağlı körpü" həm də Quba soyqırımı hadisələri ilə bağlı olan tarixi abidədir. Belə ki, Qubaya gələn erməni vandallarına qarşı yerlilər tərəfindən "Tağlı körpü" yaxınlığındakı hazırda "40 piləkən" adlandırılan ərazidə müqavimət göstərilmiş və burada silahlı quldur erməni dəstələrinə qarşı mübarizə aparılmışdır [3,4].

**Yekun fikirlər.** Tarixi görünüşü saxlanılmaqla "Tağlı körpü" 2012-2013-cü illərdə əsaslı şəkildə bərpa olunub. Körpünün uzunluğu 160, eni 7,6 metr, bünövrədən hündürlüyü isə 7,39 metrdir. Divarlar və tağlar (65x14x26 sm.) ölçülü bişmiş kərpiclə hörülmüşdür. Körpüdəki tağların sayı 14-dür. Təbii aşınmalar nəticəsində tağlarda yaranmış zədələrə görə körpüdə hərəkət xeyli müddət dayandırılmışdı. Lakin 2012-ci ilin əvvəlindən əsaslı təmirə başlanaraq tağlarda, bünövrədə bərpa və bərkitmə işləri aparılmışdır. Körpü hal-hazırda ilkin təyinatı üzrə istifadə olunaraq memarlıq abidəsi kimi dövlət tərəfindən qorunur və mühafizə olunur.



**Şəkil 4.** Baş plan [4]

Orta əsrlərin bizə bəxş etdiyi ən monumental abidələrindən sayılan körpülərin yüksək keyfiyyət və bacarıqla tikilməsi nəzəri cəlb edir.

Körpülər- Mühəndis tikintilərinin müəyyən miqdarı zamanımıza qədər gəlib çıxmış, müəyyən bir qismi isə əsrlər boyu istifadədə olduğu üçün dağılmışdır. Körpülərdə aparılan bərpa işləri nəticəsində müəyyən dəyişikliklərə məruz qalmışdır. Mühəndis tikintiləri arasında körpülər müəyyən əhəmiyyət kəsb edir.

Körpülər yüksək tikinti texnikasına malik olan abidələrdəndir. Körpülərin yerləşdirilməsi və inşası dövrün ictimai-iqdisadi və coğrafi tələbləri ilə bağlıdır. Respublikamızın ərazisində qalmış qədim körpülər öz quruluşu və ölçülərinə görə müxtəlifdir. Bu müxtəliflik bir tərəfdən körpülərin əhəmiyyəti, digər tərəfdən isə onların yerləşdiyi təbii-coğrafi şəraitlə əlaqədardır.

Körpülərin tikintisində müxtəlif inşaat materiallarından istifadə olunurdu. Onların memarlıq cəhətdən quruluşu o dövrdə yerli materialın olmasından asılı idi.

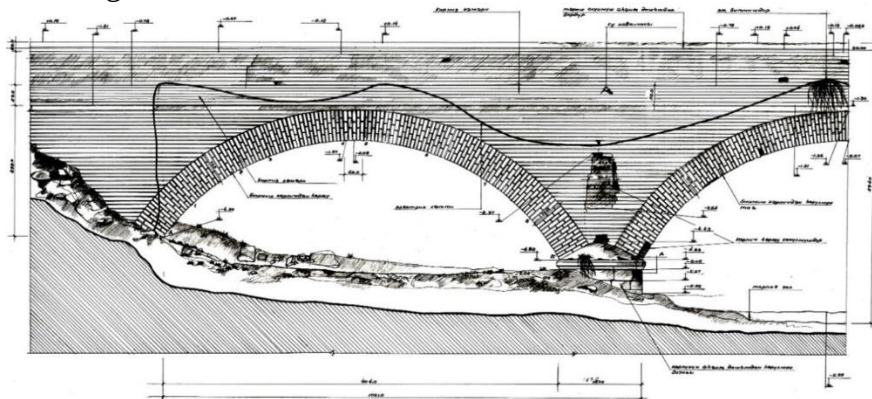
Tikintidə istifadə edilmiş inşaat materiallarının bədii cəhətdən yerli-yerində işlədilməsi (daş və kərpic hörgüləri, bəzəklərin vurulması və s.) körpünün konstruktiv strukturunu əsla dəyişmir [4].



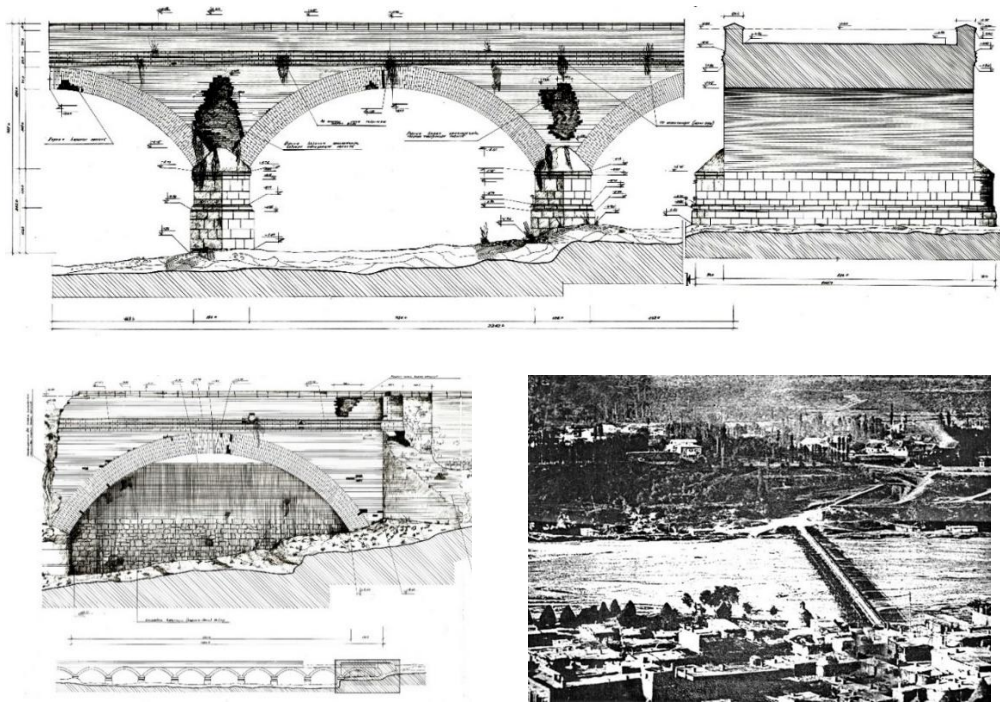
Şəkil 5. Qubada Qudyalçay üzərində yerləşən XVIII əsrə aid Tağlı körpü

Körpü tikintilərində karkasların istifadə edilməsi, dalqayalarının, körpü dayaqlarının təbii sal daş layları üzərində qurulması və s. körpünün xarici təsiri qüvvəsinə davam gətirməsinə kömək edirdi. Sağamət qalmış körpülər konstruktiv baxımdan tağvari aşırımların təkrarından ibarətdir. Körpülər yalnız tağvari aşırımın sayı və onların formasına görə bir-birindən ayrılır.

**Müzakirə.** Azərbaycandakı körpülər forma, quruluş və tikintisinə görə bir-birindən kəskin şəkildə fərqlənir. Qədim körpülərdən günümüze qədər gəlib çıxan nümunələr bunu təsdiq edir. Həmin körpülərə Cəbrayıl rayonu ərazisində, Araz çayının üstündəki 11 və 15 aşırımlı Xudafərin körpülərini, Qazax rayonunda Xramçay üzərindəki Sınıq körpünü, Gəncə çayı üzərindəki Gəncə körpülərini, Əlincə çayı üzərindəki Naxçıvan körpülərini və eləcə də Qubanın Qudyalçay üzərində "Tağlı körpü"sünü buna misal göstərmək mümkündür [5].



Şəkil 6.a Körpünün fraqment çizgiləri. Kənar və orta aşırımlar



Şəkil 6.b 14-aşırımlı körpünün fraqmenti

Nadir memarlıq incisi sayılan və şərq üslubunda tikilmiş bu "Tağlı körpü" həm də tarixi memarlıq abidəsi kimi vacib əhəmiyyətə malikdir. Qudyalçayın üzərində salınan, tarixi tarixə calayan, keçmişə yol salan bu körpü bütövlük rəmzi kimi Quba rayonunda da zamanəmizədək müəyyən qədər salamat vəziyyətdə gəlib çataraq günümüzdə qədər yaşamaqdadır. (Şəki 3-5).

Qubaya təkcə istirahət üçün getməyin, tarixi abidələri də gəzin. İstirahət unudulur, amma gördüyünüz tarixi abidələr və mənzərələr yaddan çıxmır. Mənim yaddaşımda Quba tarixi abidələri və dövrümüzə qədər qorunub saxlanılmış tarixi-memarlıq cəhətdən mühüm əhəmiyyətə malik olan "Tağlı körpü" xüsusi yer etdi...

Cünki şərq memarlıq üslubunda inşa edilən, Qubanın Qudyalçay üzərində mövcud olan bu tarixi abidə, "Tağlı körpü" ulu əcdadlarımızdan bizə yadigar qalan sənət əsəri kimi coşqun axan Qudyalçayın şıltaqlıqlarına, tarixin sərt küləklərinə yüz illərdir sinə gərir.

**Nəticə.** Mürəkkəb relyefli yer quruluşu, ərazisində çayların sıx şəbəkəsinin olması səbəbindən Azərbaycanda körpütikmə ənənəsi çox qədim dövrlərə gedir. Ölkədaxili yollar üstündə olan maneələrin azaldılması, eləcə də ərazisindən keçən iri beynəlxalq ticarət marşrutlarında hərəkət rahatlığının təmin edilməsi üçün zaman-zaman kiçik körpülərlə yanaşı çoxlu monumental körpülər də tikilib. Mülki memarlığın bu zəngin irsinin yerli və regional əhəmiyyətinə, eləcə də yüksək bədii-texniki göstəricilərinə görə ən məşhur abidələrindən biri Tağlı körpüsüdür. Azərbaycan memarlıq məktəbi üslubunda inşa olunan öz möhtəşəmliyini qoruyub saxlayan və Azərbaycan üçün tarixi əhəmiyyəti olan bu "Tağlı körpü" XVIII əsrin sonlarında, XIX əsrin əvvəllərinə aid unikal bir abidədir. (Şəki 3-7). Qubanın Qırmızı qəsəbəsini şəhərin mərkəzi ilə birləşdirən Qudyalçay üzərində salın şərq üslubunda inşa olunan bu mühəndislik körpüsü Azərbaycan memarlıq sənəti tarixinin bəzəyi sayılan, möhtəşəm tarixi abidələrimizdəndir. İlk öncə mühəndis qurğusu olan bu körpünün dayanıqlığı və uzunömürlüyü keçmişdə onun üçün seçilən yerdən birbaşa asılı olub. Belə ki, qədim dövr və orta əsrlərdə körpü dayaqları üçün çay yatağında təbii özüllərin - qayalıqların olması mühüm tələb sayılırdı. Sal qayalar üzərində tikilmiş dalğaçıranlar və tağ dayaqları üstündən böyük insan kütləsi və ağır karvanlar keçən körpünün möhkəmlik qarantı idi. Təbii və möhkəm qayaların çay yatağında çox olması səbəbindən Qudyalçay dərəsi qədim körpütikmə tələbləri baxımından çox əlverişli yer olub. Qudyalçay üzərində tikilmiş bu körpünün salamat qalmasında da bu təbii amil həlledici rol oynayıb. Tikinti materiallarının faktura və rəng uyurlığı böyük Qudyalçay üzərində olan bu körpüyə aydın tektonik quruluş və özümlü bədii görkəm verib. 14 daş dayaq (aşırım) üzərində tikilən körpü bu gün də işlək durumdadır.

Azərbaycanın memarlıq məktəbinin bu əzəmətli abidələri dünyanın bir çox tarixçilərinin diqqətini cəlb edib. "Tağlı körpünü" Azərbaycan memarlığının müstəsna mühəndislik bacarığının ən gözəl nümunələrindən bir saymaq olar.



**Şəkil 7.** Qudyalçay üzərində yerləşən Tağlı körpünün ümumi görünüşü

### Ədəbiyyat

1. Кубинский уезд. (1900). Кавказ, №195.
2. Məmmədzadə, K. M. (1978). Azərbaycanın inşaat sənəti (IV–XVI əsrlər). Elmi nəşriyyat.
3. Fətullayev, Ş. S. (1974). Quba şəhərinin XVIII əsrin sonu – XIX əsrdə şəhərsalma inkişafı. Azərbaycan SSR EA-nın xəbərləri.
4. Fərzəlibəyli, Ş. (2001). Quba tarixi. Bakı.
5. Quba. (n.d.). Vikipediya. <https://az.wikipedia.org/wiki/Quba>

### References

1. Kubinsky Uyezd. (1900). Caucasus, No. 195.
2. Mammadzade, K. M. (1978). Construction art in Azerbaijan (4th–16th centuries). Scientific Publishing House.
3. Fatullayev, Sh. S. (1974). Urban development of the city of Quba at the end of the 18th and in the 19th centuries. Proceedings of the Academy of Sciences of the Azerbaijan SSR.
4. Farzalibeyli, Sh. (2001). The history of Quba. Baku.
5. Quba. (n.d.). Wikipedia. <https://az.wikipedia.org/wiki/Quba>

*Məqaləyə istinad: Balakışiyev, İ. M. (2025). Qudyalçay üzərində dayaqları qədər möhkəm olan Tağlı körpünün Azərbaycan üçün tarixi əhəmiyyəti. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzMIU, 1, 19–24*  
*For citation: Balakishiyev, I. M. (2025). The historical significance for Azerbaijan of the arched bridge over the Qudyalchay, whose piers are as strong as ever. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzUAC, 1, 19–24*

Redaksiyaya daxil olma/Received 16.10.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 16.12.2024

## NAXÇIVANIN DİNİ MEMARLIQ ABİDƏLƏRİNİN AZƏRBAYCAN VƏ YAXIN ŞƏRQ ABİDƏLƏRİ İLƏ MÜQAYİSƏLİ TƏHLİLİ

**Bayramov Məhəmməd Asəf oğlu**- müəllim, Memarlıq kafedrası, Naxçıvan Dövlət Universiteti, mehemmedbayramli996@gmail.com

**Abstract.** Medieval mosques and sanctuaries of Nakhchivan do not repeat each other and similar constructions of neighboring regions due to the solution of the plan-spatial structure. However, there are certain similarities with the neighboring regions in the plan-spatial structure of the architectural monuments, in the constructive elements, in the architectural solution of their exterior and interior, as well as in their patterning. Research shows that Nakhchivan has a rich religious architectural heritage, and these architectural monuments reflect the characteristics of Azerbaijani architecture. The study of the mosques and sanctuaries of Nakhchivan shows that these architectural monuments were formed and developed based on the traditions of the Nakhchivan school of architecture and have their own characteristics. The mosque and its sanctuaries emerge as a part of the medieval Azerbaijani architecture due to the plan-volume structure, the used constructive elements and pattern motifs. In the construction of mosques and sanctuaries of Nakhchivan, stone and baked bricks were widely used starting from the 13th century. From this point of view, the mosques and sanctuaries of Nakhchivan, in general, the works of Nakhchivan architecture developed not only with the Nakhchivan-Maraga, Aran schools of architecture, but also with the Shirvan-Absheron school of architecture in close relationships.

**Keywords:** Nakhchivan, mosque, shrine, comparative analysis, architectural characteristics

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RELIGIOUS ARCHITECTURAL MONUMENTS OF NAKHCHIVAN WITH THE MONUMENTS OF AZERBAIJAN AND THE NEAR EAST

**Bayramov Mahammad Asaf**– lecturer, department of Architecture, Nakhchivan State University, mehemmedbayramli996@gmail.com

**Xülasə.** Naxçıvanın Orta əsr məscid və ziyarətgahları plan-məkan quruluşunun həllinə görə bir-birini və qonşu regionların bənzər tikintilərini təkrar etmir. Lakin memarlıq abidələrinin plan-məkan quruluşunda, konstruktiv elementlərdə, onların xarici görünüşünün və interyerinin memarlıq həllində, həmçinin naxışlanmasında qonşu regionlarla müəyyən bənzərliklər vardır. Araşdırmalar Naxçıvanın zəngin dini memarlıq irsinə malik olduğunu, bu memarlıq abidələrinin Azərbaycan memarlığının xüsusiyyətlərinin əks etdirdiyini göstərir. Naxçıvanın məscid və ziyarətgahlarının tədqiqi, bu memarlıq abidələrinin Naxçıvan memarlıq məktəbinin ənənələri əsasında təşəkkül taparaq inkişaf etdiyini, özünəməxsus xüsusiyyətlərə malik olduğunu göstərir. Məscid və ziyarətgahları plan-həcm quruluşu, istifadə olunan konstruktiv elementləri və naxış motivlərinə görə Orta əsr Azərbaycan memarlığının bir parçası kimi ortaya çıxır. Naxçıvanın məscid və ziyarətgahlarının tikintisində XIII əsrdən başlayaraq daş və bişmiş kərpicdən geniş istifadə olunmuşdur. Bu baxımdan Naxçıvanın məscid və ziyarətgahları, ümumiyyətlə, Naxçıvan memarlığının əsərləri yalnız Naxçıvan-Marağa, Aran memarlıq məktəbləri ilə deyil, Şirvan-Abşeron memarlıq məktəbi ilə də sıx əlaqələr şəraitində inkişaf etmişdir.

**Açar sözlər:** Naxçıvan, məscid, ziyarətgah, müqayisə, memarlıq xüsusiyyətləri

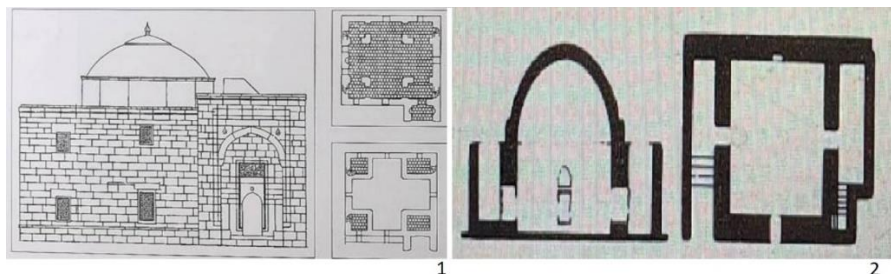
**Giriş.** Azərbaycanın memarlıq tarixində Naxçıvan mühüm yer tutur və ilk memarlıq məktəbinin məhz burada yaranması bu ərazinin mədəni və tarixi əhəmiyyətini önəmini vurğulayır. Naxçıvan memarlıq məktəbi, uzaq şərq memarlığına dərin təsir göstərmiş və bu sahədə bir çox yenilikçi və qabaqcıl üsulların tətbiqinə imza atmışdır. Naxçıvan memarlarının əsərləri, zəriflik və

monumentallıq arasında ideal tarazlıq yaradan unikal kompozisiyalarla seçilir. Bu estetik cəhət, Naxçıvan memarlığının ən cəlbedici xüsusiyyətlərindən biri kimi diqqəti cəlb edir. Tarix boyu Naxçıvan həm qədim dövrlərdə, həm də Orta əsrlərdə Azərbaycanın inkişaf etmiş bölgələrindən biri kimi tanınmışdır. Xüsusilə, XII əsrdə Eldənizlər dövlətinin paytaxtı olduğundan sonra, Naxçıvan böyük bir tərəqqi dövrünə qədəm qoymuşdur. Bu dövrdə şəhər sürətlə böyüyərək, həm mədəni həm də iqtisadi sahədə böyük bir əhəmiyyət qazanmış, əzəmətli bir şəhərə çevrilmişdir. Naxçıvanın bu tarixi inkişafı, onun memarlıq irsində əks olunmuş və şəhərin indiyədək qorunub saxlanılan mədəni dəyərləri arasında mühüm yer tutmuşdur [5].

**Metodologiya.** Naxçıvan memarlıq məktəbinin öyrənilməsində L.S.Bretanski, Ə.V.Salamzadə, K.M. Məmmədzadə və digər tədqiqatçıların böyük xidmətləri olmuşdur. Tədqiqatçıların fikrinə görə, Naxçıvan memarlıq məktəbi Naxçıvan Muxtar Respublikası ilə bərabər Cənubi Azərbaycanın ərazisini, Şərqi Anadolu və İraqı əhatə etmişdir [8]. Bu bölgənin memarlıq abidələrinin inşa edilməsində bismiş kərpicdən istifadəsi üstünlük təşkil etmişdir [1].

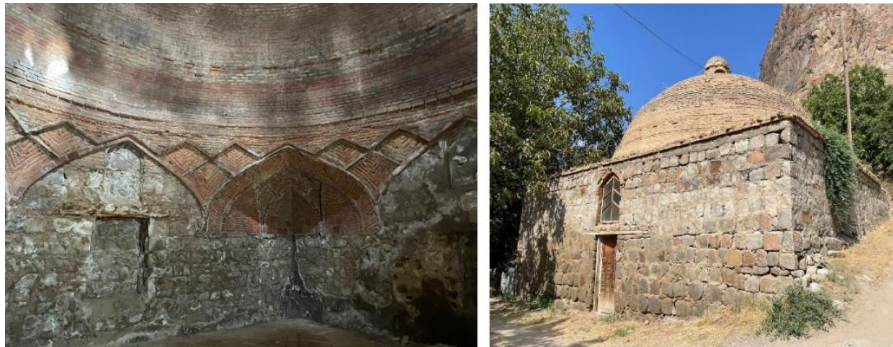
Araşdırmalar göstərir ki, Naxçıvan memarlıq məktəbi XII əsrdə meydana gələrək özünəməxsus üslubu və orijinallığı ilə fərqlənmişdir. XIV-XV əsrlərdə bu memarlıq məktəbi yeni cizgilər və xüsusiyyətlər əldə edərək daha da inkişaf etmişdir. Bu dövrün memarlıq ənənələri XVIII-XIX əsrlərə qədər davam etmiş, Naxçıvanın memarlıq sahəsində böyük irs formalaşdırmışdır. L.Bretanski bildirir ki, XII-XIII əsrlərdə yaranan memarlıq üslubları olduğu kimi XIV-XV əsrlərə ötürülməmiş, əksinə, bu dövrlərdə tikinti şəraitində baş verən dəyişikliklər, yeni problemlərin həlli üçün innovativ yanaşmaların yaranmasına səbəb olmuşdur. Tədqiqatların nəticələrinə əsaslanaraq deyə bilərik ki, Naxçıvanın məscid və ziyarətgahlarının memarlığı, bu bölgənin digər memarlıq abidələri ilə yanaşı, həm də qonşu bölgələrin memarlıq ənənələri ilə sıx əlaqədə olmuşdur. Bu əlaqələr nəticəsində Naxçıvan memarlığı zəngin və çoxşaxəli bir xarakter qazanmış, regionun memarlıq irsinə özünəməxsus töhfələr vermişdir. [8]

**Naxçıvanın dini memarlıq abidələrinin təhlili.** Naxçıvan məscid və ziyarətgahları, planlama və inşaat prinsipləri, konstruktiv elementləri və memarlıq həlləri çox spesifikdir və digər bölgələrdəki oxşar dövrlərin abidələrindən fərqlənir. Bu fərqliliklər, abidələrin müasir dövrdəki vəziyyəti ilə müqayisə edildikdə daha da diqqət çəkir. Keçmiş dövrlərdəki tikililər, çox vaxt zamanın memarlıq tendensiyalarına uyğun olaraq öz spesifik formalarını və funksional quruluşlarını nümayiş etdirirdi. Lakin indiki dövrdə bu abidələrin bərpası və qorunması prosesində, onların əvvəlki vəziyyəti ilə indiki vəziyyəti arasında müəyyən fərqliliklər ortaya çıxır. Abidələrin orijinal planları və memarlıq xüsusiyyətləri, bərpa işlərində olduğu kimi, tarixə və dövrün memarlıq standartlarına uyğun şəkildə qiymətləndirilir. Xüsusilə XII-XV əsrlərə aid olan bu memarlıq nümunələrində, plan və məkan quruluşunun, konstruktiv elementlərin, xarici görünüşün və interyerin bənzərlikləri daha aydın şəkildə görünür. Beləliklə, Naxçıvanın orta əsr məscid və ziyarətgahlarını digər bölgələrin abidələri ilə müqayisə edərək, onların planları, keçmişdəki və indiki halları arasındakı fərqləri və oxşarlıqları araşdırmaq, regionun memarlıq irsini daha dərinlən başa düşmək və qiymətləndirmək üçün əhəmiyyətli bir yanaşmadır.



**Şəkil. 1.** 1-Mərdəkandakı Tuba-Şahi məscidi [3]; 2- 1978-ci ildə Culfadakı Əmirxan türbəsi plan və kəsiyi [7].

**Yekun fikirlər.** Araşdırmalara əsasən deyə bilərik ki, kvadrat formalı dini memarlıq abidələrinin inşası XIV-XV əsrlərdə də davam etmişdir. Bu memarlıq abidələri görkəmli din xadimləri, yaxud şəhidlərin məzarı üzərində ucaldığından türbə, dini mərasimlər keçirilirdiyindən isə məscid adlandırılmışdır. Bu baxımdan Culfa rayonunun Xanağa kəndindəki Əmirxan türbəsi diqqəti cəlb edir. Bu türbə-ziyərətqah memarlıq quruluşuna görə Mərdəkandakı Tuba-Şahi məscidini xatırladır [3]. Abidələrin hər ikisində günbəz qısa silindirik əsas üzərində ucalır. Lakin bu abidələrin memarlıq həllində, o cümlədən günbəzin quruluşunda və işıqlandırılmasında müəyyən fərqli cəhətlər də vardır. Tuba-Şahi günbəzin çoxüzlü əsas üzərində yerləşdirilməsi ilə fərqlənir. Tuba-Şahidə üst-üstə yerləşdirilən pəncərələrin yerində Əmirxan türbəsinə bir-birinin üzərində yerləşdirilən dördbucaqlı tağçaların olması diqqəti çəkir.

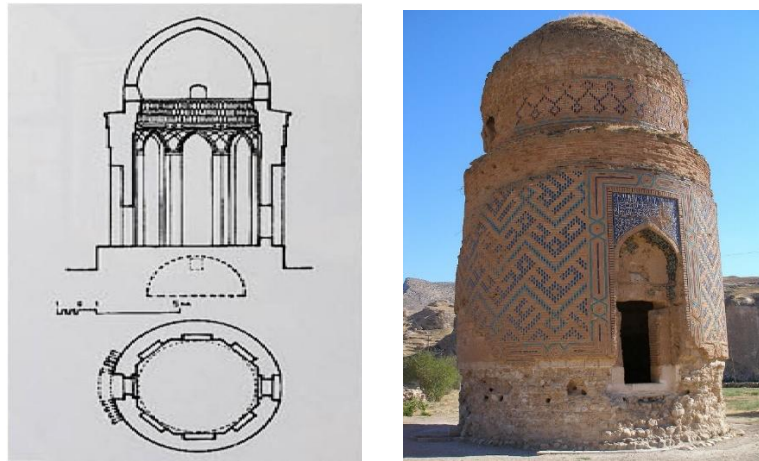


**Şəkil 2.** 1-Culfadakı Əmirxan türbəsi (Məhəmməd Bayramov);  
2-Culfadakı Əmirxan türbəsi (Məhəmməd Bayramov)

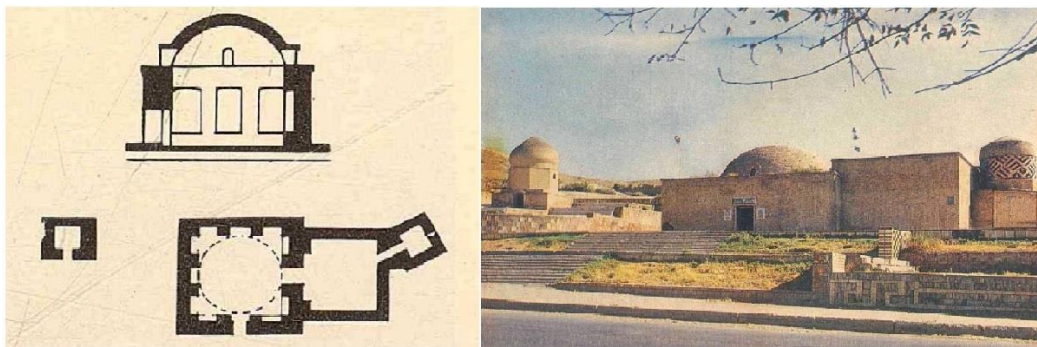
Kəngərli rayonunun Xıncov kəndində yerləşən Yaralı Sultan ocağı da mərkəzi günbəzli kvadrat formalı memarlıq abidələrinə daxildir. Lakin onun işıqlandırması günbəzdə yerləşdirilən pəncərələrlə həll edilmiş, divarları isə içəridən yalnız taxçalarla bəzədilmişdir. Əmirxan türbəsi və Yaralı Sultan ziyarətqahı plan-həcm quruluşuna görə Azərbaycanın digər bölgələri ilə müəyyən qədər bənzər olsada, bu memarlıq abidələri Orta əsr Naxçıvan memarlığının təkrarolunmaz nümunələridir.

Naxçıvan şəhərindəki İmamzadə ziyarətqahının günbəsinin həlli ilə Şeyx Səfiəddin kompleksindəki türbələrin həlli bir-birinə bənzərdir. Bu memarlıq abidələrində yarım dairəvi günbəz silindirik gövdə üzərində yerləşdirilmişdir. Bu baxımdan Türkiyədəki Zeynal bəy türbəsi də diqqəti cəlb edir [3].

Naxçıvan ziyarətqahlarının bir qismi səkkizüzlü türbə şəklində inşa edilmişdir. Bu tip memarlıq abidələri Nuh türbəsi və Qarabağlar kompleksindəki türbə ilə təmsil edilmişdir. Qarabağlar türbə-ziyərətqahı qaba yonulmuş daşdan inşa edilməsi ilə fərqlənir. Onun dam örtüyü indiyədək qalmasa da səkkizüzlü prizmatik gövdəsi zamanəmizədək gəlib çatmışdır. Qarabağlar türbə-ziyərətqahı fasadının sadə həlli ilə Ağsudakı Şeyx Dursun məqbərəsi ilə bənzərdir [3]. Qarabağlar türbə-ziyərətqahı girişinin tağşəkilli olması ilə də Şeyx Dursun məqbərəsinə bənzəyir. Türbələr bir-birindən yalnız tikintidə istifadə olunan daşların formasına görə fərqlənirlər. Ümumiyyətlə, Qarabağlarda yeni aşkar olunan ziyarətqah kompleksindəki tikintilər XIV-XV əsrlərdə Naxçıvan memarlıq məktəbinin yalnız kərpic tikintilərlə məhdudlaşmadığını, daşdan da inşaat materialı kimi istifadə olunduğunu göstərir. Qeyd edək ki, daşdan inşaat materialı kimi Əmirxan türbəsinin və Culfa rayonundakı Xanağa məscidinin, həmçinin Gülüstən türbəsinin tikintisində də istifadə olunmuşdur. Əmirxan türbəsi və Xanağa məscidində inşaat materialı kimi həm daş, həm də bişmiş kərpicdən istifadə olunmuşdur. Daş və bişmiş kərpicin birlikdə istifadəsinə biz Aran memarlıq məktəbinin abidələrində də rast gəlirik. Qeyd edək ki, Xanağa məscidi və Əmirxan türbəsi kvadrat formalı, qaba yonulmuş daşlardan inşa olunması ilə Şirvan-Abşeron memarlıq məktəbinin abidələrini çox xatırladır. Bu isə Naxçıvan memarlıq məktəbinin müəyyən bağlarla Şirvan-Abşeron memarlıq məktəbi ilə əlaqəli olduğuna işarə edir.



Şəkil 3. Türkiyədəki Zeynal bəy türbəsinin plan və fasadı [3]



Şəkil 4. Naxçıvan İmamzadə ziyarətگاهی [7]



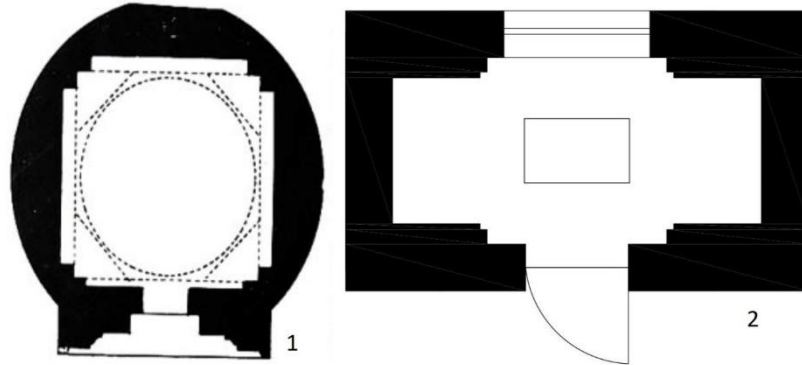
Şəkil 5. Naxçıvan imamzadə ziyarətگاهی indiki vəziyyəti (Məhəmməd Bayramov).

**Müzakirələr.** Naxçıvanın dini abidələrinin inşasında tətbiq olunan memarlıq elementlərindən biri də sərdabənin, yaxud ziyarətğahın xaçşəkilli plandada layihələndirilməsidir. Bu tip memarlıq formasına Naxçıvanda Malik İbrahim pirində, Nehrəm İmamzadəsində və Parçı İmamzadəsində rast gəlinmişdir. Bu tip plan-həcm quruluşu az da olsa Azərbaycanın memarlıq abidələrində vardır. Sərdabənin xaçşəkilli quruluşda planlanmasına, Qarabağlar türbəsinin sərdabəsində də rast gəlinmişdir [8].

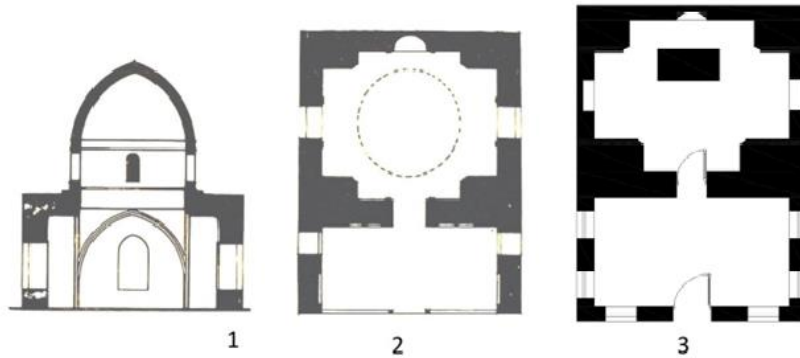
Bu tip plan quruluşuna Marağadakı Üç Günbəz türbəsinin sərdabəsində görmək mümkündür. Diqqətəlayiqdir ki, Üç Günbəz türbəsinə də sərdabənin dörd səmtə yönələn tağçaları Malik İbrahim

piri və Nehrəm İmamzadəsində olduğu kimi, girintili-çıxıntılı bucaqlar vasitəsi ilə bir-biri ilə birləşdirilərək xüsusi bir ahəngdarlıq yaradılmışdır.

L.Bretanski Üç Günbəz türbəsinə Qarabağlar, Bərdə, Səlməs və Xiovdakı türbələrlə müqayisə edərək onun İran memarlıq abidələrindən fərqli olduğunu və bu abidənin memarlıq üslubunun Azərbaycan abidələri üçün xarakterik olduğunu qeyd etmişdir [8].

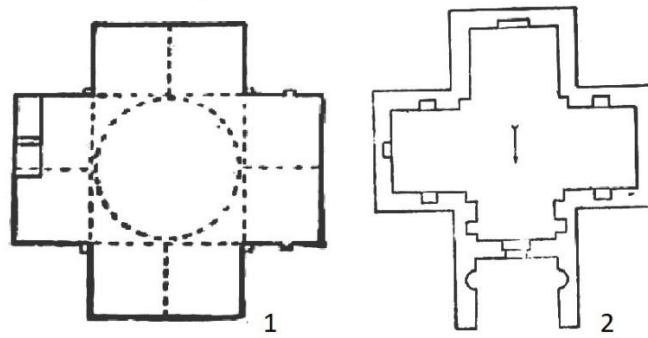


**Şəkil 6.** 1- Marağadakı Üç Günbəz türbəsi planı [8];  
2-Ordubaddakı Malik İbrahim pirinin planı (Məhəmməd Bayramov).



**Şəkil 7.** 1-2-Nehrəm imamzadəsi keçmiş planı [7]; 3-Nehrəm imamzadəsi indiki planı (Məhəmməd Bayramov)

Tuba-Şahi məscidinin planlaşdırılması, bəzi xüsusiyyətləri ilə diqqəti cəlb etsə də, bu məscidin əsas planlama prinsipi xaçvari quruluş üzərində formalaşmışdır. Eyni planlama prinsipi, digər tarixi və memarlıq baxımından əhəmiyyətli abidələrdə özünü göstərir. Füzuli rayonunun Aşağı Veysəlli kəndində yerləşən Mir Əli türbəsinin sərdabəsi də xaçşəkilli planlaşdırma ilə xarakterizə olunur (2;14;8). Balaxanıdakı Şakir Ağa türbəsinin sərdabəsində də oxşar plan quruluşuna rast gəlmək mümkündür. Şakir Ağa türbəsinin sərdabəsində xaçvari planlama prinsipi tətbiq olunmuşdur ki, bu da sərdabənin əsas memarlıq xüsusiyyətlərini ön plana çıxarır (14;8). Bu cür memarlıq nümunələri, müxtəlif dövrlərdə və bölgələrdə xaçvari planlama prinsipinin necə tətbiq edildiyini və bu yanaşmanın memarlıq tarixindəki əhəmiyyətini göstərir. Eyni zamanda, bu planlama üsulunun müxtəlif məkanlarda tətbiqi, dövrün memarlıq anlayışını və texniki bacarıqlarını əks etdirən bir trendi nümayiş etdirir.



**Şəkil 8.** 1- Mir Əli türbəsinin planı [14]; 2- Şakir Ağa türbəsinin planı [14].

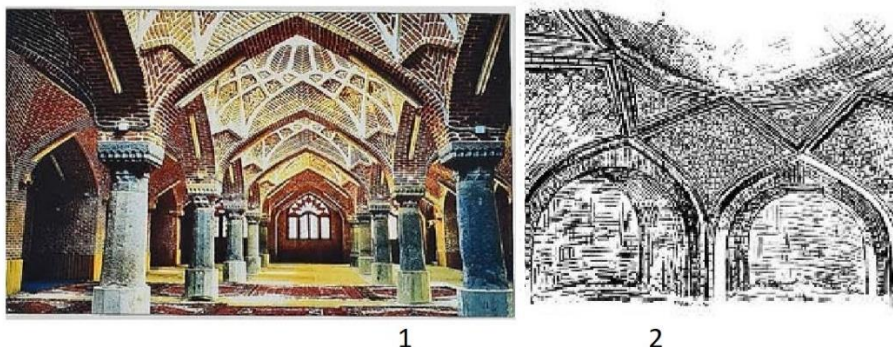
Şakir Ağa türbəsinin sərdabəsi sərdabənin yan divarlarında dördkünc taxçaların olması ilə fərqlənir. Maraqlıdır ki, Şakir ağa türbəsi İ.P.Şəblikin tərəfindən məscid [14], A.A.Ələsgərzadə tərəfindən isə imarət adlandırılmışdır. Lakin Bretanski onu türbə hesab etmişdir. Hər şeydən əvvəl qeyd edək ki, Şakir Ağa türbəsi plan quruluşuna görə Nəhrəm İmamzadəsi ilə tamamilə bənzərdir. Bu tip türbələr həm də ibadət obyekti olduğundan tədqiqatçılar onunla bağlı müxtəlif fikirlər irəli sürmüşdür. Tədqiqatçılar bu xaçşəkilli plan quruluşunun Azərbaycanın XIV əsr memarlıq tikintilərində geniş yayıldığını göstərmişdir (11;8). Naxçıvanın dini memarlıq abidələri, xüsusilə Nəhrəm İmamzadəsi və Parçı İmamzadəsi bu tip abidələrin sonrakı dövrlərdə də inşa edildiyini deməyə imkan verir.

Keşlə məscidinin və Tovuz rayonunun Yanıxlı kəndində inşa olunan məscid binasının da ibadət zalı xaçşəkilli formadadır. Ə.V. Salmazadə Yanıxlı məscidini Gəncə Cümə məscidi ilə müqayisə etsə də abidələr arasında xeyli fərq olduğunu yazmış, onun tikilmə tarixini XVII əsrə aid etmişdir [10]. Araşdırmalar göstərir ki, sərdabə və ziyarətgahların xaçşəkilli şəkildə planlanması XIV əsrdən başlayaraq XVIII əsrdək Azərbaycanın memarlıq abidələrində tətbiq edilmişdir. Memarlıq abidələrinin bəzəyində xaçşəkilli ornamentə rast gəlinir. Bu tip ornament Şəki xan sarayının pəcərələrindəki şəbəkələrdə görmək mümkündür [14].

Naxçıvanın dini memarlıq abidələri Azərbaycanın və qonşu bölgələrin memarlıq abidələri ilə memarlıq elementləri və naxış motivlərinə görə daha çox bənzərdir. Dini memarlıq abidələrində naxış elementləri çox az qalsa da onları digər memarlıq abidələri ilə müqayisə etmək mümkündür.

Naxçıvanın məscid və ziyarətgahlarında istifadə olunan bişmiş kərpic vasitəsi ilə formalaşan konstruksiyalar, tağbəndlər, o cümlədən abidələrin gövdəsində bir hissədən o birinə keçidin formalaşdırılmasında istifadə olunan stalaktitlər daha çox Cənubi Azərbaycanın və Şərqi Anadolu şəhərlərində tətbiq olunan memarlıq elementləri ilə bənzərdir.

Əmirxan Türbəsi, Yaralı Sultan ziyarətgahlarının, həmçinin Culfa rayonundakı Xanağa məscidi, Ordubad şəhər Cümə məscidi və digər abidələrin tağbəndlərində işlədilən stalaktitşəkilli kərpic dekorasiyaların yaxın bənzərləri Təbrizdəki Cümə Məscidində [3], Bərdədəki Axsadan Baba türbəsinə [8] izləmək mümkündür.



**Şəkil 9.** 1- Təbriz Cümə məscidi [3]; 2- Bərdə Axsadan-baba türbəsi [8].

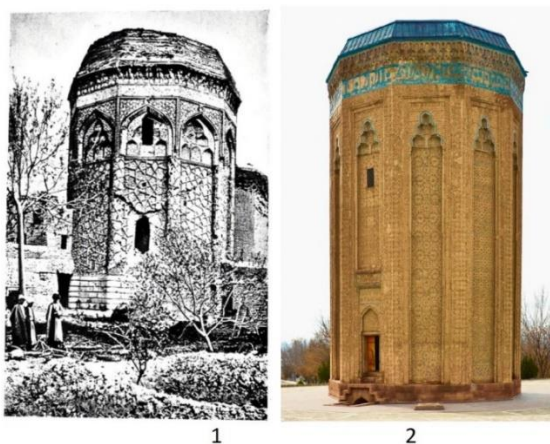


**Şəkil 10.** Kəngərli rayon Yaralı Sultan ocağı (Məhəmməd Bayramov).

Başlıca olaraq bişmiş kərpiclərdən inşa edilən stalaktitlər bəzən tağşəkilli, bəzən üçbucaqşəkilli, bəzən isə rombvari şəkildə formalaşdırılmışdır. Dini memarlıq abidələrin içərisində dördkünc, yaxud xaçvari əsasdan günbəzə keçid XII-XV və XVI-XVIII əsrin abidələrində bənzərlik təşkil edir ki, bu da memarlıq ənənələrinin davam etdiyini göstərir.

Ordubad şəhər Cümə məscidinin, Təkeşiyyə məscidinin, Yuxarı Əylis kəndindəki Şah Abbas məscidlərinin mehrabının bəzədilməsində istifadə olunan stalaktitləri biz Naxçıvan memarlıq məktəbinin türbələrində, xüsusilə Möminə xatın və Marağadakı Göy Günbəz türbəsində [8] görürük.

Bu isə müxtəlif dövrlərdə yaranan abidələrdə tarixən yaranan memarlıq ənənələrinin davam etdiyini deməyə imkan verir. Bu baxımdan Marağadakı Kabud Günbəzi də diqqəti cəlb edir. L.Bretanski onu Möminə Xatunun əkizi adlandırmışdır.



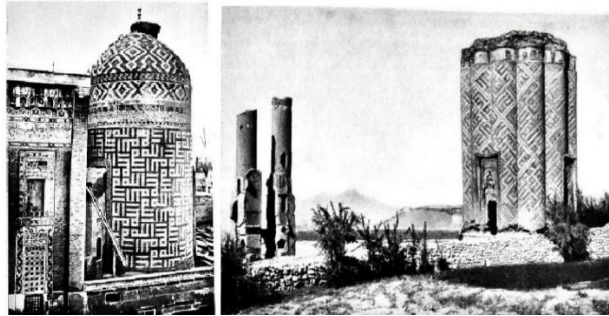
**Şəkil 11.** 1-Marağadakı Kabud günbəzi-1196-cı il [8]; 2- Naxçıvandakı Möminə Xatun türbəsi

Naxçıvanın dini memarlıq abidələrinin istər xarici, istərsə də daxili səthinin naxışlanmasında kaşılardan istifadə olunmuşdur. Çox təəssüf ki, dini memarlıq abidələrinin içərisində istifadə olunan kaşılar indiyədək qalmamışdır. Naxçıvan məscidlərinin mehrabının kaşılarla bəzədilməsi haqqında biz yalnız yazılı mənbələrdən məlumat əldə edə bilirik [12]. Kaşılar Naxçıvanın dini memarlıq abidələrinin xarici səthində də çox az qalmışdır. Belə abidələrdən biri Naxçıvan İmamzadəsidir. Abidənin xarici səthi boyunca təkrarlanan “Allah” kəliməsi onun xarici görünüşünə xüsusi ahəngdarlıq və gözəllik vermişdir. Yuxarıda da qeyd etdiyimiz kimi, bu memarlıq abidəsinin kaşı bəzəyi Şeyx Səfiəddin [8], Bərdə türbəsi və Türkiyədəki Zeynal bəy türbəsinin [3] naxışları ilə eynilik təşkil edir. Qeyd edək ki, bu tip kaşı bəzəyinə Qarabağlar türbəsində də rast gəlinmişdir [8].

Qarabağlar türbəsində bu tip ornamentlər böyük kvadratların içərisinə salınsa da onlar ümumi görünüşdə bütövlük və ahəngdarlıq yaradır. Bu görüntü Naxçıvan İmamzadəsinin bəzədilməsində

özünü göstərmişdir. Memar bəzək elementlərinin ümumi kompozisiyada ahəngdar görünüşünü təmin etmişdir.

Bretanski qeyd edir ki, XIV əsrdə memarlıq abidələrinin bəzək motivlərinin daha da mürəkkəbləşərək zənginləşmişdir [8].



**Şəkil 12.** 1- Ərdəbildəki Şeyx Səfiəddin türbəsi [8]; 2- Şərur rayonu Qarabağlar kəndindəki Qarabağlar türbəsi [8].

**Nəticə.** Araşdırmalar Naxçıvanın zəngin dini memarlıq irsinə malik olduğunu, bu memarlıq abidələrinin Azərbaycan memarlığının xüsusiyyətlərinin əks etdirdiyini göstərir. Naxçıvanın məscid və ziyarətgahlarının tədqiqi bu memarlıq abidələrinin Naxçıvan memarlıq məktəbinin ənənələri əsasında təşəkkül taparaq inkişaf etdiyini, özünəməxsus xüsusiyyətlərə malik olduğunu göstərir. Məscid və ziyarətgahları plan-həcm quruluşuna, istifadə olunan konstruktiv elementlərə və naxış motivlərinə görə Orta əsr Azərbaycan memarlığının bir parçası kimi ortaya çıxır. Naxçıvanın məscid və ziyarətgahlarının tikintisində XIII əsrdən başlayaraq daş və bişmiş kərpicdən geniş istifadə olunmuşdur. Bu baxımdan Naxçıvanın məscid və ziyarətgahları, ümumiyyətlə, Naxçıvan memarlığının əsərləri yalnız Naxçıvan-Marağa, Aran memarlıq məktəbləri ilə deyil Şirvan-Abşeron memarlıq məktəbi ilə də sıx əlaqələr şəraitində inkişaf etmişdir.

### İstinadlar

1. Çelik, C. (2019). Səlcuqluların İran, Azərbaycan və Türkiyə ərazisində inşa etdikləri türbə tikililəri. *Memarlıq, şəhərsalma tarixi və bərpası*, (1), 55–76.
2. Əmənəzadə, R. (2015). Orta Əsr Azərbaycan türbələrinin konstruksiyaları (XI–XVII əsrlər). In VIII. Uluslararası Türk Kültürü, Sanatı ve Kültürel Mirası Koruma Sempozyumu / Sanat Etkinlikleri (pp. 83–88). Konya.
3. Əmənəzadə, R. (2013). Azərbaycan memarlığı XV–XIX əsrlərin əvvəllərində. Bakı: Şərq-Qərb.
4. İmaşlı, Z. (2019). Abşeronun dördkünc türbələri. *Memarlıq, şəhərsalma tarixi və bərpası*, (2), 64–70.
5. Salamzadə, Ə. V. (1976). Əcəmi Əbubəkr oğlu və Naxçıvan memarlıq abidələri. Bakı: İşıq.
6. Bayramov, R. (2013). Типологическая классификация памятников азербайджанского зодчества XI–XVIII веков. Баку: Шарп-Гарб.
7. Salamzadə, Ə., & Məmmədzadə, K. (1985). Azərbaycan memarlığının Naxçıvan məktəbi abidələri. Bakı: Elm.
8. Бретанцкий, Л. С. (1966). Зодчество Азербайджана XII–XV вв. и его место в архитектуре Переднего Востока. Москва: Наука.
9. Мамедов, Ф. Г. (1988). Архитектурные связи зодчества средневекового Азербайджана. Баку: ЭЛМ.
10. Саламзаде, А. В. (1964). Архитектура Азербайджана XVI–XIX вв. Баку: Издательство АН Азербайджана.

11. Саламзаде, А. В. (1942). К датировке некоторых памятников Азербайджана. ИАНА, (5), 70–76.
12. Сысоев, В. М. (1927). Нахичеванский край Нах. АССР (отчет о поездке летом 1926 г.). Известия Азкомстариса, (вып. 4, тетрадь 2), 123–215.
13. Усейнов, М. А., Бретанцкий, Л. С., & Саламзаде, А. В. (1963). История архитектуры Азербайджана. Москва: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам.
14. Щеблыкин, И. П. (1943). Памятники Азербайджана зодчества Низами. Баку.

## References

1. Celik, Cansu (2019). Tomb Structures Built by the Seljuks in Iran, Azerbaijan and Turkey. Architecture, Urban Planning History and Restoration, (1), 55–76.
2. Amanzade, Rafael (2015). Constructions of Medieval Azerbaijani Tombs (11th–17th Centuries). In 8th International Symposium on Turkish Culture, Art and Protection of Cultural Heritage / Art Events (pp. 83–88). Konya.
3. Amanzade, Rafael (2013). Azerbaijani Architecture in the 15th to Early 19th Centuries. Baku: Sharq-Gharb.
4. Imashli, Zemfira (2019). The Quadrangular Tombs of Absheron. Architecture, Urban Planning History and Restoration, (2), 64–70.
5. Salamzade, Abdulvahab Vagif oglu (1976). Ajami Abubakr oglu and the Architectural Monuments of Nakhchivan. Baku: Ishiq.
6. Bayramov, Rafael (2013). Typological Classification of the Architectural Monuments of Azerbaijan from the 11th–18th Centuries. Baku: Sharq-Gharb.
7. Salamzade, Abdulvahab, & Mammadzade, Kamaladdin (1985). Monuments of the Nakhchivan School of Azerbaijani Architecture. Baku: Elm.
8. Bretanskiy, Leonid Semenovich (1966). Architecture of Azerbaijan in the 12th–15th Centuries and Its Place in the Architecture of the Near East. Moscow: Nauka.
9. Mammadov, Farhad Gabil oglu (1988). Architectural Connections of Medieval Azerbaijani Architecture. Baku: Elm.
10. Salamzade, Abdulvahab Vagif oglu (1964). Architecture of Azerbaijan in the 16th–19th Centuries. Baku: Publishing House of the Academy of Sciences of Azerbaijan.
11. Salamzade, Abdulvahab Vagif oglu (1942). On the Dating of Some Monuments of Azerbaijan. Proceedings of the Academy of Sciences of Azerbaijan SSR, (5), 70–76.
12. Sysoev, Vladimir Mikhailovich (1927). The Nakhchivan Region of the Nakhchivan ASSR (Report on the Trip in the Summer of 1926). Proceedings of Azkomstaris, (Issue 4, Notebook 2), 123–215.
13. Huseynov, Mikayil Alesker oglu, Bretanskiy, Leonid Semenovich, & Salamzade, Abdulvahab Vagif oglu (1963). History of Azerbaijani Architecture. Moscow: State Publishing House of Literature on Construction, Architecture and Building Materials.
14. Shcheblykin, Ivan Pavlovich (1943). Architectural Monuments of Nizami's Azerbaijan. Baku.

*Məqaləyə istinad: Bayramov, M. A. (2025). Naxçıvanın dini memarlıq abidələrinin Azərbaycan və Yaxın Şərq abidələri ilə müqayisəli təhlili. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzMIU, 1, 25-33*

*For citation: Bayramov, M. A. (2025). Comparative analysis of the religious architectural monuments of Nakhchivan with the monuments of Azerbaijan and the Near East. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzUAC, 1, 25-33*

Redaksiyaya daxil olma/Received 16.10.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 16.12.2024

## NAXÇIVAN TÜRBLƏRİNİN BƏDİİ TƏRTİBATI

**Bəxşiyev Əsrəf Qəribxan oğlu** – baş müəllim, AzMİU, ab\_design77@mail.com

**Xülasə.** Məqalədə Naxçıvan Muxtar Respublikasının memarlıq irsini zənginləşdirən qədim türbələrin memarlıq xüsusiyyətləri, onların estetik və konstruktiv həlləri araşdırılır. Məqalənin əsas məqsədi Eneolit və Tunc dövründən günümüzdə qədər Naxçıvan memarlığının inkişafını izləyərək, türbələrin konstruktiv və bədii elementlərinin harmoniyasını və Naxçıvan-Marağa memarlıq məktəbinin bu baxımdan oynadığı rolu analiz etməkdir. Metodologiya olaraq, tarixi mənbələrə, arxeoloji qazıntılar nəticəsində əldə edilmiş materiallara və memarlıq nəzəriyyəsinə istinad edilərək, türbələrin estetik xüsusiyyətləri və texniki həlləri təhlil edilmişdir. Əcəmi Naxçıvaninin əsərləri – Yusif Küseyir oğlu və Möminə xatın türbələri, eləcə də Qarabağlar və Gülüstan türbələrinin bədii və konstruktiv həlləri üzərində detallı təhlillər aparılmışdır. Məqalə, memarlıq sahəsində Naxçıvan məktəbinin spesifik xüsusiyyətlərini araşdırmaq və onları geniş auditoriyaya çatdırmaq üçün nəzərdə tutulmuşdur.

**Açar sözlər:** Naxçıvan, abidə, türbə, memarlıq xüsusiyyətləri, bədi tərtibat, konstruksiyası

## ARTISTIC COMPOSITION OF NAKHCHIVAN TOMBS

**Bakhshiyev Ashraf Garibkhan** – senior lecturer, AzUAC, ab\_design77@mail.com

**Abstract.** The article examines the architectural features of the ancient tombs that enhance the architectural heritage of the Nakhchivan Autonomous Republic, focusing on their aesthetic qualities and structural solutions. The main purpose of the article is to trace the evolution of Nakhchivan architecture from the Eneolithic and Bronze Ages to the present, analyzing the harmony between the structural and artistic elements of the tombs and highlighting the contributions of the Nakhchivan-Maragha school of architecture. Methodologically, the study analyzes the aesthetic and technical aspects of the tombs using historical sources, materials from archaeological excavations, and architectural theory. Detailed analyses are conducted on the works of Ajami Nakhchivani, particularly the tombs of Yusif ibn Kuseyir and Momine Khatun, as well as the artistic and structural designs of the Karabakhlar and Gulustan tombs. The article aims to explore the distinct characteristics of the Nakhchivan architectural school and to make them accessible to a broader audience.

**Keywords:** Nakhchivan, monument, tomb, architectural features, artistic design, construction

**Giriş.** Azərbaycan memarlıq irsini özünün nadir abidələri ilə zənginləşdirən Naxçıvan Muxtar Respublikası qədim sivilizasiyası olan bir məkandır. Ərazisində aparılan arxeoloji qazıntılar Naxçıvanın nadir konstruksiyalı memarlıq abidələrinin hələ Eneolit və Tunc dövründən başlayaraq inşa olunduğunu sübut etmişdir. Azərbaycan milli memarlıq irsini zənginləşdirən türbələr isə Naxçıvan memarlıq tarixinin intibah dövrünün bəhrələridir. Naxçıvan türbələrinin bədii tərtibatında konstruktiv həllin dekorativ elementləri ilə vəhdətini əlaqələndirməkdir. Naxçıvan türbələri onların bəzədilməsini təşkil edən dekorativ elementlərdən ibarət olmayıb, türbələrin dayanıqlığını və uzunömürlülüüyünü təmin edən konstruktiv həllin də uğurlu nəticəsi olmaqla özünün metodoloji təsiri memarlıq tikililərinin dekorativ bəzək elementləri ilə konstruktiv həllərinin vəhdətinin mükəmməl bədii tərtibatını təmin etmişdir.

Əlverişli təbii-coğrafi mühitə malik ərazisi olan Naxçıvan Muxtar Respublikasının maddi və mənəvi abidələri ilə yanaşı Naxçıvan memarlığının intibah dövrü memar Əcəmi Naxçıvaninin yaradıcılığı Azərbaycanın mədəniyyət irsinin zənginləşməsində əhəmiyyətli rol oynamışdır.

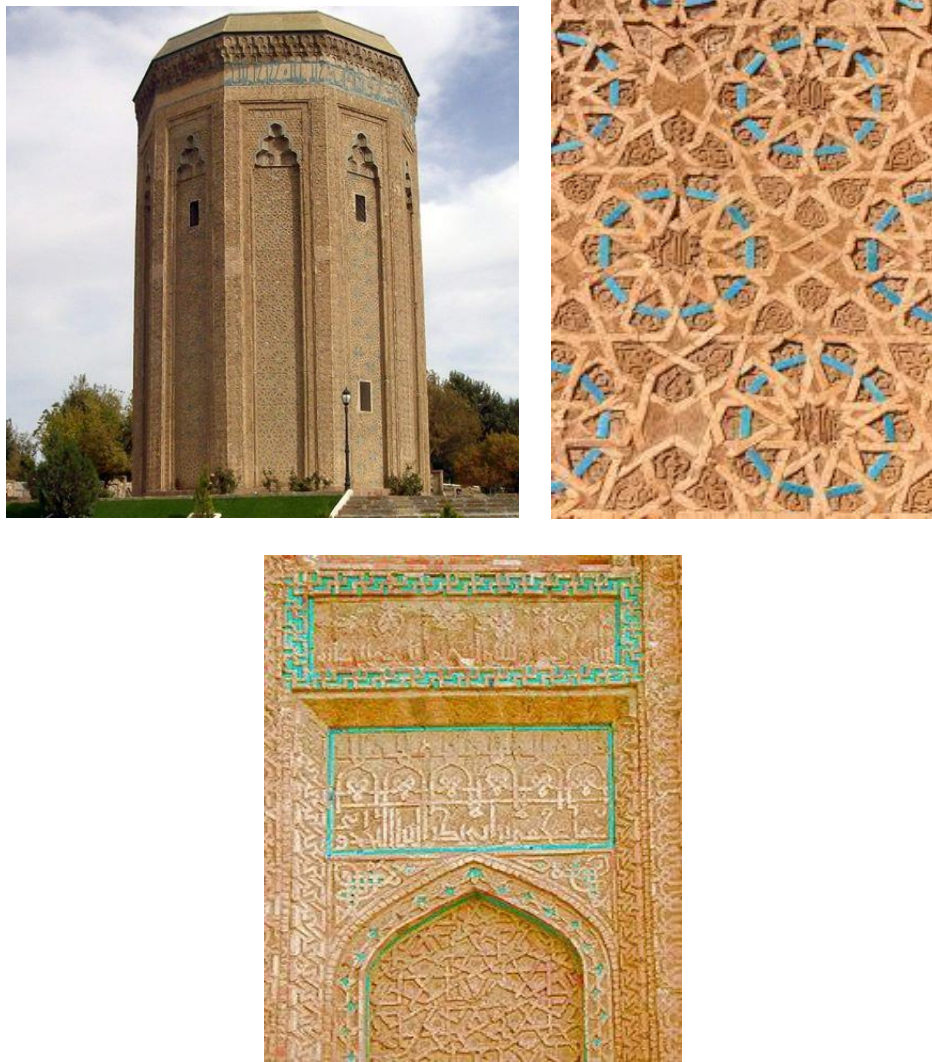
Naxçıvan-Marağa memarlıq məktəbinin ən gözəl nümunələrindən olan Naxçıvan şəhərində Yusif Küseyir oğlu, Möminə xatın türbələri, Qarabağlar kəndində Qarabağlar Türbə Kompleksi, Culfa şəhərinin Cuğa kəndində Gülüstan türbəsi, Ordubad rayonunun Darkəndində Dər türbəsi və s. Naxçıvan memarlıq irsinin türbə incilərindən olub özünəməxsus memarlıq xüsusiyyətlərinə malikdir.

**Metodologiya.** Memar Əcəmi Naxçıvanının yaradıcılığının bəhrəsi olan Yusif Küseyir oğlu türbəsi özünün bədii memarlıq obrazını konstruktiv həllinin harmoniyası ilə tamamlamışdır. Qeyd etmək lazımdır ki, türbələrin bədii tərtibatı dedik də onların yalnız dekorativ bəzək elementlərini qəbul etmək yanlış olardı. Yusif Küseyir oğlu türbəsi səkkizbucaqlı plan quruluşuna malik olub ikiqatlı qülləvari türbələr qrupuna aiddir. Bütövlükdə bişmiş kərpiclə üzlənmiş türbədə sərdabənin divarları ilə günbəz arasındakı kiçik çıxıntılar, küncərdə qalın dayaqqlar arasında dördkünc formalı taxçalar, türbənin xarici görünüşünə özünəməxsus görkəm vermişdir. Türbənin konstruktiv həlli onun dayanıqlığını və uzunömürlülüyünü təmin etməklə yanaşı onun bədii obraz bütövlüyünün formalaşmasında da həlledici rol oynamışdır. Türbənin daxili səthindən fərqli olaraq xarici səthi kiçik kərpiclərdən quraşdırılmış və gəc məhlulu ilə tavalər şəklində birləşdirilərək səthlərin üzərində möhkəmləndirilmiş müxtəlif şəkilli həndəsi ornamentlərlə bəzədilmişdir. Səthləri ilə piramidal örtüyü arasında yaranan qurşaqda kufi xətti ilə yazılmış kitabə dekorativ xüsusiyyəti ilə gövdə ilə örtük arasında yüngül bir keçid yaradaraq friz müstəvisindən 2 sm irəli çıxaraq türbənin bədii tərtibatına xüsusi gözəllik qatmış, eyni zamanda küncələrin vertikal ritmini, konstruktiv dəyərini artırmışdır. Bir rəngli bişmiş kərpic mürəkkəb kompozisiyalı həndəsi ornamentlər yaratmasına baxmayaraq onun görkəminə sadəlik vermiş, aydın və təmiz həndəsi biçiminin bütövlüyünü gücləndirmiş, ifadəli kolorit vermişdir. Nəticə olaraq türbənin konstruktiv və memarlıq həllərinin vəhdəti abidənin baxımlığını artırmışdır.



**Şəkil 1.** Yusif Kuseyr oğlu türbəsi (1161-1162) [1]

**Yekun fikirlər.** Möminə xatun türbəsi Əcəmi Naxçıvanının şah əsəridir. Yusif Küseyir oğlu türbəsi ilə müqayisədə memar bu türbənin xarici bəzəyində həndəsi ornamentlərin daha mürəkkəb kompozisiyasından istifadə etmişdir. Möminə xatun türbəsinin bədii tərtibatında onun konstruktiv həllinin təsiri böyükdür. Göbələkvari dayaqdan qarşı küncələrə atılan kərpic qabırğalar-nervürlər ulduzvari karkas yaradaraq interyerə xüsusi effekt vermişdir. Bu qabırğalar ulduzvari karkas yaratmışdır. Bu karkas da biçimcə abidəni bəzəyən və riyazi ahəngdarlığa əsaslanan naxış quruluşları ilə bir köklüdür. Karkasların araları saya naxışlı kərpic hörgüsü ilə üzləndiyindən konstruksiyanın tektonik gözəlliyi daha aydın duyulur. Bir qədər irəli çıxmış gövdənin qalın künc dayaqqları üst hissəsi tağvari formada stalaktitlərlə tamamlanmış taxçalar yaratmışdır. Adi kaşılı kərpicdən düzəldilən ornamentlərlə örtülmüş konstruksiyanın yaratmış olduğu stalaktit və tağlar, kitabələr türbənin görkəminə xüsusi gözəllik vermişdir.



Şəkil 2. Mominə xatun türbəsi (1186) [3]

**Müzakirə.** Qarabağlar Türbə Kompleksi Kəngərli rayonunun Qarabağlar kəndində yerləşmiş XII-XIV əsrə aid Azərbaycan memarlığının nadir sənət əsərlərindən olub qoşa minarə, onlar arasındakı bas tağ, qoşa minarələrə birləşən dini binanın qalıqları və türbədən ibarətdir. Türbənin səthi firuzəyi rəngli kaşılarla həndəsi ornamenti xatırladan kitabələrle bəzədilmişdir. Yarım silindrlərin üzərində içərisində ərəb əlifbası ilə “lə iləhə illəllah Məhəmmədən Rəsulallah” (Allahdan başqa Allah yoxdur, Məhəmməd (s.ə.v.) onun rəsuludur)” kəliməsi həkk edilən kvadratlar dəfələrlə təkrar olunmuşdur. Türbənin baş tağların səthi kaşılar vasitəsi ilə həndəsi və nəbatı üslubda naxışlanmışdır. Türbənin gövdəsini təşkil edən yarım silindrlərin yuxarı hissəsində kaşılarla işlənmiş kitabələrin qalıqları saxlanmışdır.

XIII əsr Azərbaycan memarlığının ən maraqlı nümunələrindən biri olan Gülüstan türbəsi Culfa şəhəri yaxınlığında yerləşir. Naxçıvanın digər türbələrindən fərqli olaraq Gülüstan türbəsinin sərdabəsi yerin üst qatındadır. Bu da türbənin xarici görkəminə təsir etmişdir. Belə ki, hündür kvadrat şəkilli kürsüküyə malik olub gövdə hissəsi on iki üzlü qülləvari türbələr qrupuna aiddir. Tünd qırmızı tuf daşından inşa olunmuş türbənin bədii tərtibatı digər türbələrdən fərqlənir. Daşa dekorativ görkəm verməyin çətinliyinə baxmayaraq orta əsr Naxçıvan ustaları Gülüstan türbəsinin təmsalında daş üzərində oyma sənətinin ən mükəmməl nümunəsini yarada bilmişlər. Əcəmi yaradıcılığının bilavasitə təsiri ilə yaranan bu abidə özünəməxsus arxitekturası və zahiri ornamentlərinin orijinallığı ilə seçilir.



Şəkil 3. Qarabağlar Türbə Kompleksi [3]

Belə ki, Sərdabəni qülləvari hissədən ayıran stalaktit qurşağı türbənin bədii tərtibatında konstruksiyanın rolunu qabarıq şəkildə göstərmişdir. Kvadratşəkilli kürsülüyn qoşa kəsikli küncləri onun estetik dəyərini daha da gücləndirmişdir. Gülüstan türbəsinin bədii tərtibat həllində dekorativ elementlər kimi nəbatı və həndəsi naxışlardan təşkil olunmuş daş oymalar geniş istifadə olunmuşdur. Belə ki, üç müxtəlif ornament türbənin səthi üzərində təkrarlanmışdır. Bunun nəticəsində stalaktit kəmərlər zəngin və plastik görünüşə sahib olmuşdur. Gülüstan türbəsinə də dekorativ bəzək elementləri ilə konstruktiv həllin vəhdəti onun bədii obraz bütövlüyünün əsasını təşkil etmişdir. İki cərgə stalaktit vasitəsi ilə türbənin üzlərindən dam örtüyünə keçid həlli buna sübutdur.



Şəkil 4. Gülüstan türbəsi (XIII əsr) [5]

**Nəticə.** Dər türbəsi XIV əsrə aid olub Opdubad payonunda, Dapkəndin cənub tərəfində, keçmiş yaşayış mərkəzi ərazisindədir. Digər türbələr kimi Dər türbəsi də iki yaruslu olub sərdabə və yerüstü hissədən ibarətdir. Türbənin bədii tərtibat həlli çox da zəngin olmayıb fasadında kvadrat formalı xüsusi bişmiş kərpiclə və gövdəsinin üzlənməsində istifadə olunan qara rəngli kaşılarla xarakterizə olunmuşdur.

Əlincəçay xanəgahı memarlıq kompleksi Culfa rayonunun Xanəgah kəndi yaxınlığında, Əlincəçayın sol sahilində yerləşir. Memarlıq kompleksinə daxil olan türbənin yuxarı hissəsindəki səkkizbucaqlı tağvarı konstruksiya stalaktitlər vasitəsi ilə günbəzin çadırvarı oturacağını əmələ gətirmişdir. Türbənin bədii tərtibat həllini giriş qapısının hər iki tərəfində şərti olaraq “mehrəb” adlandırılan düzbucaqlı taxçalar, gəcdən oyulmuş qabarıq naxışlar və dini məzmunlu kitabələrle

təşkil etmişdir. Bunlar dünya memarlığı tarixində gəc üzərində plastik oymanın ən gözəl nümunələrindən biridir. Onun inşasında kərpiclə yanaşı, firuzəyi kaşdan da istifadə olunmuşdur.

### İstinadlar

1. Baxşəliyev, V., & Quliyeva, F. (2017). Naxçıvan tarixi abidələri. Bakı: Nurlan.
2. Əfəndi, R. (2007). Azərbaycan incəsənəti. Bakı: Şərq-Qərb.
3. Əfəndi, R., & Əfəndi, T. (2002). Azərbaycan bəzək sənəti (82 s.). Bakı.
4. Əliyeva, R. (2013). Memar Əcəmi Əbubəkr oğlu (76 s.). Bakı.
5. Əmənzadə, R. (2013). Azərbaycan Memarlıq Tarixi. Azərbaycan memarlığı XV-XIX əsrin əvvəllərində (Cild 3, 226 s.). Bakı: Şərq-Qərb.
6. Xəlilov, T. (2023). Naxçıvan abidələrinin yaxın şərq paralelləri. AMEA-nın Naxçıvan Bölməsinin Elmi Əsərləri, 1, 58-63.
7. Xəlilova, A. (2023). Orta əsrlər Azərbaycan xatirə tikililərində kaşı sənətinin bədii xüsusiyyətləri (XII-XIII əsrlər). Mədəniyyət Dünyası, 33.
8. Məmmədşad, K. M. (1978). Azərbaycanda inşaat sənəti. Bakı: Elm.
9. Məmmədova, G., & Məmmədova, Z. (2013). Azərbaycan Memarlıq Tarixi. Orta əsrlər memarlığı (VIII-XIV əsrlər) (Cild 2, 318 s.). Bakı: Şərq-Qərb.
10. Nəmətova, M. (2010). Azərbaycanda pirlər (209 s.). Bakı: Elm və Təhsil.
11. Qiyasi, C. (1991). Nizami dövrü memarlıq abidələri. Bakı: Işıq.
12. Qənbərova, G. (2004). Naxçıvan türbələrinin memarlıq simvolları. AMEA-nın Naxçıvan Bölməsi. Elmi Əsərlər, 12, 70 s.
13. Salamzadə, Ə., & Məmmədşad, K. (1985). Azərbaycan memarlığının Naxçıvan məktəbi abidələri. Bakı: Elm.
14. Salamzadə, Ə. V. (1976). Əcəmi Əbubəkr oğlu Naxçıvani. Bakı.
15. Salamzadə, Ə. V., & Məmmədşad, K. M. (1982). Azərbaycanın memarlığının Naxçıvan məktəbi abidələri (92 s.). Bakı: Azərnəşr.
16. Salamzadə, Ə., & Məmmədşad, K. M. (1982). Архитектурные памятники Нахчывана. Баку.
17. Nəymət, M. S. (2011). Корпус эпиграфических памятников Азербайджана. Арабopersо-тюркоязычные надписи Нахичеванской Автономной Республики (XII – начала XX века) (Т. 3, 216 с.). Баку: ЭЛМ ве Тахсил.

### References

1. Baxshaliyev, V., & Quliyeva, F. (2017). Historical monuments of Nakhchivan. Baku: Nurlan.
2. Afendi, R. (2007). Azerbaijani art. Baku: Sharq-Qerb.
3. Afendi, R., & Afendi, T. (2002). Azerbaijani decorative art (82 p.). Baku.
4. Aliyeva, R. (2013). Architect Memar Ajami Abubakr oglu (76 p.). Baku.
5. Amenzada, R. (2013). History of Azerbaijani Architecture. Azerbaijani architecture from the 15th to the early 19th century (Vol. 3, 226 p.). Baku: Sharq-Qerb.
6. Khalilov, T. (2023). Parallels of Nakhchivan monuments in the Near East. Scientific Works of the Nakhchivan Division of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, 1, 58-63.
7. Khalilova, A. (2023). Artistic characteristics of stone art in medieval Azerbaijani memorial buildings (12th-13th centuries). World of Culture, 33.
8. Mammadzada, K. M. (1978). Construction art of Azerbaijan. Baku: Elm.
9. Mammadova, G., & Mammadova, Z. (2013). History of Azerbaijani Architecture. Medieval architecture (8th-14th centuries) (Vol. 2, 318 p.). Baku: Sharq-Qerb.
10. Nematova, M. (2010). Pirs in Azerbaijan (209 p.). Baku: Elm ve Tehsil.
11. Qiyasi, C. (1991). Architectural monuments of the Nizami period. Baku: Ishiq.

12. Ganbarova, G. (2004). Architectural symbols of Nakhchivan mausoleums. Scientific Works of the Nakhchivan Division of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, 12, 70 p.
13. Salamzade, E., & Mammadzade, K. (1985). Monuments of Nakhchivan architectural school. Baku: Elm.
14. Salamzade, E. V. (1976). Memar Ajami Abubakr oglu Nakhchivani. Baku.
15. Salamzade, E. V., & Mammadzade, K. M. (1982). Monuments of the Nakhchivan architectural school of Azerbaijan (92 p.). Baku: Azernashr.
16. Salamzade, E., & Mammadzade, K. M. (1982). Architectural monuments of Nakhchivan. Baku.
17. Neymat, M. S. (2011). Corpus of epigraphic monuments of Azerbaijan. Arabic, Persian, and Turkic inscriptions of the Nakhchivan Autonomous Republic (12th - early 20th century) (Vol. 3, 216 p.). Baku: Elm ve Tehsil.

*Məqaləyə istinad: Bəxşiyev, Ə.Q. (2025). Naxçıvan türbələrinin bədii tərtibatı. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzMIU, 1, 34-39*

*For citation Bakhshiyev, A.G. (2025). Artistic composition of Nakhchivan tombs. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzUAC, 1, 34-39*

Redaksiyaya daxil olma/Received 18.09.2023

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 18.12.2023

## TƏBİİ-EKOLOJİ KARKAS DAYANIQLI ŞƏHƏR İNKİŞAFININ ƏSASI KİMİ

Ələsgərov Ülfət Elkin oğlu- m.ü.f.d., dosent, AzMİU, ulfat.alasgarov@gmail.com

**Xülasə.** Məqalə şəhərlərin mövcud planlaşdırma strukturlarında təbii-ekoloji karkasın formalaşdırılması problemlərinin öyrənilməsinə həsr edilmişdir. Bu gün yaşıl sahələr təkcə ekoloji deyil, həm də sosial-iqtisadi funksiyaları yerinə yetirir. Nəticə etibarı ilə inkişaf etmiş təbii-ekoloji karkas sistemi özünəməxsus, dayanıqlı və çevik planlaşdırma strukturunun formalaşmasına imkan verir. Məqalədə həmçinin xarici şəhərlərdə ekoloji-şəhərsalma karkasının uğurlu tətbiqi nümunələri verilmişdir. Şəhərsalma fəaliyyərinə düzgün yanaşma olduqda şəhərlərin təbii-ekoloji karkası Azərbaycan şəhərlərinin davamlı inkişafı üçün əsas ola bilər.

**Açar sözlər:** təbii-ekoloji karkas, dayanıqlı şəhərsalma, çevik planlaşdırma strukturu, təbii-antropogen sistemlər, təbiət oxları, ekoloji dəhlizlər

## NATURAL-ECOLOGICAL FRAMEWORK AS THE BASIS OF SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT

Alasgarov Ulfat Elkin– PhD in arch., ass. prof., AzUAC, ulfat.alasgarov@gmail.com

**Abstract.** The article explores the challenges and opportunities involved in integrating a natural-ecological framework into the urban planning structures of modern cities. Green spaces today serve not only as ecological assets but also as vital socio-economic resources. By implementing a well-designed natural-ecological framework, cities can achieve sustainable, adaptable, and resilient planning structures. The article highlights successful examples of ecological-urban frameworks in international cities, illustrating their practical benefits. With a thoughtful approach to urban planning, the natural-ecological framework can become a cornerstone for the sustainable development of Azerbaijani cities.

**Keywords:** natural-ecological framework, sustainable urban planning, flexible planning structure, natural-anthropogenic systems, natural axes, ecological corridors

**Giriş.** İstənilən şəhərin planı ərazinin təbii şəraitinin təsiri altında formalaşır. Şəhərlər böyük çaylar və ya dəniz sahilləri boyunca “uzanır”, sıldırım təpələri və yarıqları, bataqlıq əraziləri “dolanır”. Təbii landşaftın ifadəli elementləri şəhərlərin görünüşünün formalaşmasında iştirak edir [11]. Azərbaycan şəhərlərinin xüsusiyyətlərini nəzərə alaraq qeyd etmək olar ki, şəhərlərin plan strukturunun formalaşmasında iştirak edən ən mühüm akvatoriya və relyef meqaformaları su arteriyaları (Xəzər dənizi, Kür və Araz çayları, iri göllər) və Böyük və Kiçik Qafqazın dağ silsilələridir. Azərbaycan şəhərlərinin planlaşdırma strukturlarının təhlili qeyd etməyə imkan verir ki, zamanla ən sabit olanı əsas planlaşdırma qovşaqlarını və onlar arasındakı əlaqələri özündə birləşdirən şəhərlərin planlaşdırma karkasıdır ki, bu da şəhərlərin planlaşdırma elementlərini bir-biri ilə və ətraf ərazilərlə “birləşdirilməsini” təmin edir.

Qeyd etmək lazımdır ki, şəhərlərdə yeni təbii-antropogen sistemləri, yəni urbanizasiyaya uğramış şəhər landşaftları formalaşmışdır. Bunlar Azərbaycanın daha çox iri şəhərlərində rast gəlinən, tam və ya qismən özünü-tənzimləyə bilən və antropogen transformasiyaya uğramış, özünü-tənzimləmə qabiliyyətini itirmiş təbii ərazi komplekslərindən ibarət landşaftlardır. Sonunculara, təbii komponentlərə əlavə olaraq, süni obyektlər də daxildir: binalar, tikililər, infrastruktur. Əsasən təsərrüfat fəaliyyəti ilə tənzimlənən texnogen şəhər landşaft komplekslərini (parklar, meydanlar) də qeyd etmək lazımdır [1-3].

**Metodologiya.** Urbanizasiyaya uğramış landşaftlar nədir? Bu, insan tərəfindən yaradılan landşaftdır, ilkin olaraq təbii şəraitlə müəyyən edilən və cəmiyyətin buna uyğun təşkil etdiyi məkandır. Müvafiq şəraitdə şəhərləşmiş landşaft əhalinin yüksək konsentrasiyası, daimi və

müvəqqəti tikililər və onun təbii və antropogen hissələrinin qarşılıqlı əlaqəsi olan mütəşəkkil və davamlı fəaliyyət göstərən geosistem kimi qəbul edilə bilər.

Beləliklə, şəhərin urbanizasiya karkasını ictimai mərkəzlər və onları birləşdirən əsas küçələr təşkil edir. Şəhərin təbii-ekoloji karkasını su-yaşıl sistemlər, o cümlədən yaşıllıq massivləri və onları birləşdirən xətti su-yaşıl strukturlar təşkil edir [4, 5].

Şəhərin təbii-ekoloji karkası mühüm ekoloji funksiyaları yerinə yetirir - aqressiv şəhərləşmiş mühitdə təbii elementlərin davamlılığını və qarşılıqlı əlaqəsini təmin edir. Eyni zamanda, təbii komplekslərin özünü müalicə etmək və özünü təmizləmək potensialından istifadə etmək vacibdir. Ekoloji cəhətdən dəyərli ərazilərin rekultivasiyası və reabilitasiyası da eyni dərəcədə vacibdir. Şəhərsalma fəaliyyərinə düzgün yanaşma olduqda şəhərlərin təbii-ekoloji karkası Azərbaycan şəhərlərinin davamlı inkişafı üçün əsas ola bilər.

Azərbaycanın formalaşmış şəhərlərinin iqtisadi inkişafının əsas istiqamətlərindən asılı olaraq onun ətraf mühitə ekoloji təsirinin dərəcəsi və istiqaməti, başqa sözlə desək, ekoloji aqressivlik dərəcəsi müəyyən edilməlidir [3]. Bu, təbii-ekoloji karkasın yaradılmasının məqsəduyğunluğunu və müdaxilənin miqyasını müəyyən edir. Məsələn, Abşeron şəhərləri üçün təbii-ekoloji karkasın yaradılması ərazilərin ekoloji vəziyyətinin zəifliyinə görə zəruridir. Abşeron Azərbaycanın əsas sənaye bazasının yerləşdiyi, ölkənin sənayesinin təxminən 70%-nin cəmləşdiyi ərazi hesab olunur [15].

**Yekun fikirlər.** Tədqiqatlar əsasında, eləcə də Azərbaycanın böyük şəhərlərində, o cümlədən Bakı, Sumqayıt və Gəncədə şəhərsalma layihələndirilməsi və həyata keçirilməsi sahəsində təcrübənin təhlili əsasında şəhərlərdə və şəhərətrafı ərazilərdə torpaqdan istifadə və ətraf mühitin yaxşılaşdırılması üsulları barədə müəyyən nəticələrə gəlmək olar. Bu şəhərlərdə üç növ əlaqə nəzərə alınmalıdır: şəhər funksional zonaları daxilində əlaqələr; ayrı-ayrı funksional zonalar arasındakı əlaqə; şəhər və onun şəhərətrafı ərazisi arasındakı əlaqə [16].

Azərbaycan şəhərlərində təbii-ekoloji karkas ərazinin ekoloji sabitliyini qoruyacaq, biomüxtəlifliyin itirilməsinin və təbii sistemlərin degradasiyasının qarşısını alacaqdır. Eyni zamanda, ərazinin təbii-ekoloji karkası texnogen ərazilərə əks çəki olan təbii ərazilərin vahid məcmu sistemidir. Təbii-ekoloji karkas insan fəaliyyəti üçün əlverişli mühit üçün şərait yaratmaq, nadir təbii əraziləri və ehtiyatları qorumaq üçün alətə, ərazilərin planlaşdırılması və gələcək inkişafı ilə bağlı qərarların qəbul edilməsi üçün əsas olacaqdır [1, 6].

Təbii karkas şəhər məkanında və ondan kənarda davamlı quruluşa malik olmalıdır [13], bu, "şəhər-təbiət" sistemində canlı və cansız maddələrin enerjisinin və axınlarının maneəsiz dövriyyəsinə təmin etməli və buna görə də şəhərin təbii biogeosenozlara ahəngdar daxil edilməsinə şərait yaratmalıdır. Davamlı bir quruluşa malik təbii karkasda bitki dünyasının nümayəndələri sərbəst yayıla, heyvanlar, quşlar, həşəratlar və insanlar hərəkət edə biləcəklər. Bundan əlavə, təbii karkasın elementləri şəhər mühitini təmiz hava ilə təmin edən və oradan çirklənməni sovurub aparən "hava dəhlizləri" kimi xidmət edə biləcəklər. Onlar şəhərin səthindən təbii drenajı təmin edəcəklər. Məhz bu formada təbii karkas ətraf mühitin mühafizəsi funksiyalarını (külək, toz, qaz və səs-küydən qorunma və s.) ən effektiv şəkildə yerinə yetirə biləcəkdir.

Lakin müasir iri şəhəri bütövlükdə nəzərə alsaq, onun tam səmərəliliyinə nail olmaq üçün, burada bütün şəhəri əhatə edən davamlı struktur şəklində təbii karkasın formalaşdırılması qeyri-mümkün görünür. Müasir iri şəhərdə texnogen karkasın elementləri (nəqliyyat və mühəndis infrastruktur) da davamlı struktura malikdir, ona görə də onlar təbii karkasın elementlərini bir-biri ilə əlaqəsi olmayan yerli ərazilərə bölürlər. Beləliklə, təbii formasıların bütövlüyü qaçılmaz olaraq pozulur.

Kiçik şəhərlər üçün bu problemi həll etmək məqsəilə şəhər ərazisinin bir hissəsi kimi təşkil edilən, bioloji aktiv nüvə ilə birləşən ekoloji klasterlər sisteminin formalaşdırılması təklif edilir [8]. Ekoloji klasterin nüvəsi təbii kompleksin xüsusi təşkil edilmiş bir hissəsidir, onun hərəkəti şəhər mühitinin özünü bərpasına yönəlmişdir.

Təbii-ekoloji sistemlərin əhəmiyyəti aşağıdakı funksiyalarla müəyyən edilir:

- mühafizə - canlı orqanizmlərin növləri üçün mövcud olanların qorunub saxlanması və yeni yaşayış yerlərinin yaradılması, habelə landşaftın unikal təbii formalarının qorunub saxlanması;
- tranzit - təbii obyektlərin məkanda hərəkətinin təmin edilməsi;
- rekreasiya - insanlar üçün istirahət yerlərinin yaradılması;
- stabilləşdirici - təbii karkasla mövcud və ya layihələndirilən süni sistemlərin tarazlaşdırılması.

Bu funksiyalara uyğunluğun vacib şərti ekoloji çərçivənin fasiləsizliyi və davamlılığıdır.

Şəhərsəlmada ərazisinin landşaft xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla şəhərin planlaşdırma strukturunun formalaşmasında artıq müəyyən yanaşma və üsullar işlənib hazırlanmışdır [6,7]:

- şəhərin əsas təbii oxlar üzrə inkişafı (çay şəbəkəsi, relyef xüsusiyyətləri və s.);
- şəhərin həcm-məkan kompozisiyası təbii landşaftın strukturuna uyğun qurulur;
- landşaftların özünəməxsusluğunun və unikalığının müəyyən edilməsi.

Belə ki, landşaft yanaşma sosial-iqtisadi şəraitin öyrənilməsi və şəhərin funksional və planlaşdırma xüsusiyyətlərinin ətraflı təhlili ilə birlikdə həm şəhərsalma, həm də yaşıl zonalar və qorunan, lakin pozulmuş təbii komplekslər üçün əraziləri əsaslı şəkildə ayırmağa imkan verir.

**Müzakirə.** Şəhər böyüdükcə və inkişaf etdikcə təbii-ekoloji karkas məqsədyönlü şəkildə formalaşır və inkişaf etdirilir: parklar, süni su hövzələri və su axarları yaradılır. Müasir tikinti texnikası istənilən xassələrə malik landşaftlar yaratmağa imkan verir ki, bu da parklar və digər yaşıllıq sahələri şəbəkəsini genişləndirmək imkanı yaradır. Vacib şəhərsalma vəzifələrindən biri tikilmiş və yaşıl sahələrin optimal nisbəti və nisbi mövqeyinin yaradılmasıdır. Formalaşmış şəhərlərdə yaşıl ərazilərin ərazi inkişafı imkanları adətən məhduddur. Ərazi ehtiyatlarına çay vadiləri, bataqlıqlar, torf sahələri, yarpaqlar, karxanalar və tikinti üçün o qədər də uyğun olmayan kəskin relyefli digər ərazilər daxildir.

Qutnova [8] görə ekoloji şəhər beş prinsipə əsaslanmalıdır: ekoloji təhlükəsizlik, ekoloji infrastruktur, məkan və zaman miqyası və memarlıqda təbii elementlərdən istifadə (landşaft xüsusiyyətlərinin memarlıq dizaynı). Bu ideya landşaft xüsusiyyətlərinə uyğun olaraq şəhərin çevik planlaşdırma strukturunun işlənib hazırlanmasını və şəhər ərazisinin sərt funksional bölgüsündən imtina edilməsini və integrasiya olunmuş çoxfunksiyalı şəhər mühitinin yaradılmasını nəzərdə tuturdu [9; 10].

20-ci əsrin 60-cı illərində Qərbi Avropada “ekoloji urbanizm” nəzəriyyəsi geniş yayıldı. O, çoxfunksionalizm ideyası və müəyyən funksiyaları olan şəhər ərazilərinin yaxınlaşması əsasında qurulmuşdur. Memarların və şəhərsalmaçıların fikrincə, bu, şəhərdaxili səyahətlərin sayını azaltmağa və yaşıllıqların sahəsini artırmağa imkan verir. Mahiyyət etibarilə, təbii və yaşıl ərazilərlə ayrılmış muxtar çoxfunksiyalı şəhər formasılarından - şəhərləşmiş özləklərdən ibarət ekoloji və şəhərsalma strukturları yaradılırdır.

Şəhərsalma fəaliyyəti landşaftı kökündən dəyişdirə bilməz, lakin obrazlı desək, onun strukturuna və fəaliyyətinə “uyğun” ola bilər. Şəhərsalma fəaliyyətləri prosesində landşaftda əhəmiyyətli dəyişiklik etibarlı və çevik ekoloji infrastrukturun yaradılmasını nəzərdə tutur [12]. Bu sıraya “yaşıl” tikintinin ekoloji infrastruktur layihələri məntiqi olaraq integrasiya olunur ki, bu da şəhər mühitini - predmet (dizayn), məkan (yerləşdiyi yer və memarlıq), təbii (landşaft) və bədii (vizual mədəniyyət) komponentlərin əhəngdar sintezi kimi şəhər landşaftını formalaşdırmağa imkan verir.

Ekoloji (“yaşıl”) infrastrukturun tərkib hissəsi olan və şəhər mühitinin rahatlığının və əlçatanlığının göstəricisi olan landşaft və şəhərsalma obyektləri və kompleksləri unikal təbii planlaşdırma xüsusiyyətləri ilə xarakterizə olunan şəhərlərin inkişafı və transformasiyası üçün böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Landşaft yanaşması (“landşaft urbanizmi”) xarici şəhərlərdə uğurla inkişaf edir. Tanınmış layihələr Parisdəki La Villette Parkı, Atlantadakı Northpark, Barselonanın Diaqonal rayonunda Trinitat Cloverleaf Park və Park del Forum, Rotterdamdakı Muzey Parkı, San-Fransiskodakı Yerba Buena məhəlləsi, Amsterdamdakı Borneo Skorenburq yaşayış massivi üçün şəhər planı, Sinqapur üçün çox mərhələli inkişaf strategiyası, Stokholmdakı Hammarbi gölündəki ekoloji şəhər və s. (şəkil 1-4).



**Şəkil 1.** Parisdəki La Villette Parkı [5]

Ekoloji-şəhərsalma kompleksinə misal olaraq Parisin ətraflarında yerləşən kiçik Serji (Cergy) şəhərini göstərmək olar. Onun özəlliyi şəhərin ayrı-ayrı hüceyrə seqmentlərinə (500x300 m) bölünməsidir. Onlara su axınları kimi adalar da deyilir. Bu hücrələrin ətrafında hər tərəfdən avtomobil axını axır. Bu “adaların” hər biri öz inkişaf proqramı çərçivəsində düşünülür və həyata keçirilir. Əslində, bu, öz daxili təşkilatı və sakinlərin birliyinə malik olan müxtəlif tipli klasterlərin toplusudur. Eyni zamanda, “adalar” piyada və velosiped şəbəkəsi ilə bir-birinə bağlıdır və təcrid olunmuş məkanlar deyildir [5].



**Şəkil 2.** Barselonanın Diaqonal rayonunda Trinitat Cloverleaf Park [5]

Dünya şəhərsalma tarixinin inkişafı prosesində çoxlu müxtəlif ideyalar, konsepsiyalar və layihələr irəli sürülmüş, burada müəlliflərin məqsədləri landşaft yanaşmasının tətbiqinə yönəlmişdir. Davamlı inkişaf təbii landşaftın parçalanmasına və deqradasiyasına gətirib çıxardığından, açıq və tikilmiş ərazilərin ərazi əlaqəsi və bir-birinə nüfuz etməsinin daha çox əhəmiyyət kəsb etdiyi “yaşayış məntəqəsinin şəbəkə quruluşu”, “məskunlaşmanın yeni elementləri” və s. anlayışlar meydana çıxdı.



**Şəkil 3.** Çinin Hebey əyalətində tullantıların yerində salınan ekoloji park [5]

Urbanizasiyaya uğramış ərazilərdə landşaft-şəhərsalma və ya ekoloji-şəhərsalma strukturlarının təşkili yolu ilə şəhər daxilində antropogen yüklərin ərazi tənzimlənməsi və yenidən bölüşdürülməsi

üsulları mühüm rol oynamağa çağırılırdı. Açıq yaşıllıqların vahid sisteminin yaradılması və böyük yaşıl sahələrin qorunub saxlanması getdikcə daha çox əhəmiyyət kəsb edir [14].



**Şəkil 4.** Çin-Almaniya Eko Parkı Qingdao-nun əsasını təşkil edəcək. Layihə [14]

Bir çox müasir şəhərsalma həlləri şəhərin planlaşdırma strukturunu təbii landşaft strukturuna yaxınlaşdırmaq ideyasını həyata keçirməyə yönəlmişdir. Bu, şəhərin landşaft quruluşuna (morfologiyasına) uyğun hüceyrə quruluşuna malik olmasını nəzərə alır. Bu zaman mozaika planlaşdırma strukturu ərazinin davamlı inkişafının aspektlərindən biri kimi, təbii landşaftın xassələrinə və strukturuna uyğun olaraq şəhər landşaftının təşkili forması kimi çıxış edir [12].

Təbii ekoloji sistemlərin əsas elementləri aşağıdakı təbii ərazi obyektləri ola bilər:

- xüsusi mühafizə olunan təbiət əraziləri, iri, mürəkkəb ərazi vahidləri;
- çay axınının formalaşması mənbəyi kimi su hövzələrinin səthləri və çay şəbəkələri;
- həm təbii meşələrlə, həm də antropogen mənşəli əkinlərlə təmsil oluna bilən geniş meşə sahələri;
- iri bataqlıq və çöl təbiət kompleksləri [8].

Tranzit sahələr (və ya “dəhlizlər”) həm də təbii-ekoloji karkaslar sisteminin əsas elementidir. Bunlar karkasın bütün elementləri arasında qarşılıqlı əlaqəni və davamlılığı təmin edən “dəhlizlər” dir. Bu elementlər axın sistemlərinin fəaliyyətinə, heyvanların miqrasiyasına və bitki birliklərinin yayılmasına, ekosistemlərin inkişafına və zənginləşməsinə kömək edir [13].

Təbii ekoloji sistemlərin kiçik elementləri arasında aşağıdakıları qeyd etmək olar:

- nöqtəvi elementlər - yerli təbiət abidələri, yaşıllıqlar, parklar. Bu elementlər təsərrüfat, rekreasiya, mədəni funksiyaları yerinə yetirə bilər;
- sərhəd elementləri - əsas elementləri mənfi xarici təsirlərdən qorumaq, adətən, bu ərazilər müxtəlif profilli təhlükəsizlik zonaları statusuna malikdir;
- rehabilitasiya elementləri - itirilmiş təbii obyektlərin bərpasına yönəlmiş yeni yaradılmış landşaft birləşmələri və ərazilər.

**Nəticə.** Təbii-ekoloji karkas insan fəaliyyəti üçün əlverişli mühit üçün şəraitin yaradılması, nadir təbii ərazilərin və sərvətlərin qorunub saxlanması alətinə, Azərbaycan şəhərlərinin planlaşdırılması və gələcək inkişafı ilə bağlı qərarların qəbulu üçün əsas ola bilər. Lakin müasir iri şəhəri bütövlükdə götürsək, burada təbii-ekoloji karkasın bütün şəhəri əhatə edən davamlı struktur şəklində formalaşdırılması mürəkkəb problem kimi görünür. Müasir böyük şəhərdə texnogen sistemin elementləri təbii-ekoloji karkasın elementlərini parçalayır və təbii formasıların bütövlüyünü pozur. Belə şəhərlərdə həll yolu təbii-ekoloji karkas elementlərinin şəhərin inkişafı və onun ayrı-ayrı ərazilərinin bərpası ilə tədricən yayılması ilə klaster şəklində həyata keçirilməsi ola bilər. Formalaşmış şəhərlərin strukturuna tədricən təbii-ekoloji karkasın daxil edilməsi şəhərlərimizin dayanıqlı inkişafı üçün əsas ola bilər.

## İstinadlar

1. Gridnev, D. Z. (n.d.). Prirodno-ekologicheskiy karkas territorii - osnova prinyatiya gradostroitel'nykh resheniy v sostave dokumentov territorial'nogo planirovaniya munitsipal'nykh obrazovaniy. Retrieved from <http://terraplan.ru/content/view/938/90>

2. Gridnev, D. Z. (2011). Prirodno-ekologicheskiy karkas v territorial'nom planirovanii munitsipal'nykh obrazovaniy (Doctoral dissertation). Moscow.
3. Derevenskaya, O. Y. (2014). Ekologo-ekonomicheskie aspekty razvitiya gorodov. Kazan: Izdatel'stvo KFU.
4. Kochurov, B. I. (1989). Geoekologiya: Ekodiagnostika i ekologo-khozyaystvennyy balans territorii. Smolensk: SGU.
5. Kochurov, B. I., & Ivashkina, I. V. (2015). Urbolandshafity Moskvyy i ikh prostranstvennaya trassirovka. Ekologiya urbanizirovannykh territoriy, 2, 48-54.
6. Krasnoshchekova, N. S. (2011). Formirovanie prirodnogo karkasa v general'nykh planakh gorodov: uchebnoye posobiye. Moscow: Arkhitektura - S.
7. Krashenninnikov, A. V. (1993). Dom, uchastok i priroda. Moscow: Vysshaya shkola.
8. Krizhanovskaya, N. Ya., & Votinov, M. A. (2016). Printsipy gumanizatsii arkhitekturno-gradostroitel'noy infrastruktury v krupneyshikh gorodakh Ukrainy (na primere goroda Kharkova). Kharkov: KhNUGH im. A. N. Beketova.
9. Kurbatova, A. S., Kochurov, B. I., & Gridnev, D. Z. (2010). Prirodno-ekologicheskiy karkas v territorial'nom planirovanii munitsipal'nykh obrazovaniy. Problemy regional'noy ekologii, 6, 186-194.
10. Ostromov, S. A. (2006). Biological effects of surfactants. CRC Press. Taylor & Francis. Boca Raton, London, New York.
11. Potaev, G. A. (2009). Ekologicheskaya renovatsiya gorodov. Minsk: BNTU.
12. Strel'nikov, V. V., Zhivchikov, V. G., & Tuguz, Sh. M. (2008). Tekhnogennyye sistemy i ekologicheskiy risk: uchebnik dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedeniy, obuchayushchikhsya po ekologicheskim i inzhinernym spetsial'nostyam. T.I. Ekologicheskaya bezopasnost' i risk. Maykop: Adygeya.
13. Trukhachev, S. Yu. (2008). Arkhitekturno-planirovочnye printsipy gradostroitel'nogo zonirovaniya (na primere gorodov Yuga Rossii). (Unpublished doctoral dissertation). Moscow.
14. Chto takoye ekologicheskiy karkas, zachem on nuzhen? (n.d.). Retrieved from <http://www.prinas.org/article/1001>
15. Gahramanova, Sh., & Babayev, Sh. (2017). The New Principles of Development Control in Residential Areas: The Case Study of Baku-City. In Proceedings of the 4th International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Science and Arts, Urban planning, Architecture & Design (pp. 24-30). Albena Co, Bulgaria.
16. Nagiyev, N. H., Gahramanova, Sh. Sh., & İsbatoğlu, İ. A. (2018). Problems of effective land use and environmental planning in cities: The case-study of Baku. In Proceedings of the XXV ISUF International Conference "Urban Form and Social Context: from Traditions to Newest Demands" (pp. 1-20). Krasnoyarsk.

## References

1. Gridnev, D. Z. (n.d.). The natural-ecological framework of the territory – the basis for urban planning decisions in the documents of territorial planning of municipal entities. Retrieved from <http://terraplan.ru/content/view/938/90>
2. Gridnev, D. Z. (2011). The natural-ecological framework in the territorial planning of municipal entities (Doctoral dissertation). Moscow.
3. Derevenskaya, O. Y. (2014). Ecological and economic aspects of city development. Kazan: KFU Publishing House.
4. Kochurov, B. I. (1989). Geoecology: Ecodiagnosics and ecological-economic balance of the territory. Smolensk: SGU.
5. Kochurov, B. I., & Ivashkina, I. V. (2015). Urban landscapes of Moscow and their spatial transformation. Ecology of Urbanized Territories, 2, 48-54.

6. Krasnoshchekova, N. S. (2011). Formation of the natural framework in city master plans: A textbook. Moscow: Architecture-S.
7. Krashenninikov, A. V. (1993). House, plot, and nature. Moscow: Higher School.
8. Krizhanovskaya, N. Ya., & Votinov, M. A. (2016). Principles of humanization of architectural and urban infrastructure in the largest cities of Ukraine (the example of Kharkiv). Kharkiv: KhNUGH named after A. N. Beketov.
9. Kurbatova, A. S., Kochurov, B. I., & Gridnev, D. Z. (2010). The natural-ecological framework in the territorial planning of municipal entities. Problems of Regional Ecology, 6, 186-194.
10. Ostromov, S. A. (2006). Biological effects of surfactants. CRC Press. Taylor & Francis. Boca Raton, London, New York.
11. Potaev, G. A. (2009). Ecological renovation of cities. Minsk: BNTU.
12. Strel'nikov, V. V., Zhivchikov, V. G., & Tuguz, Sh. M. (2008). Technogenic systems and ecological risk: A textbook for students of higher educational institutions specializing in environmental and engineering disciplines. Vol. I. Ecological safety and risk. Maykop: Adygeya.
13. Trukhachev, S. Yu. (2008). Architectural and planning principles of urban zoning (the example of cities in Southern Russia). (Unpublished doctoral dissertation). Moscow.
14. What is the ecological framework and why is it needed? (n.d.). Retrieved from <http://www.prinas.org/article/1001>
15. Gahramanova, Sh., & Babayev, Sh. (2017). The new principles of development control in residential areas: The case study of Baku City. In Proceedings of the 4th International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Science and Arts, Urban Planning, Architecture & Design (pp. 24-30). Albena Co, Bulgaria.
16. Nagiyev, N. H., Gahramanova, Sh. Sh., & İsbatoğlu, İ. A. (2018). Problems of effective land use and environmental planning in cities: The case-study of Baku. In Proceedings of the XXV ISUF International Conference "Urban Form and Social Context: From Traditions to Newest Demands" (pp. 1-20). Krasnoyarsk.

*Məqaləyə istinad: Ələsgərov, Ü. E. (2025). Təbii-ekoloji karkas dayanıqlı şəhər inkişafının əsası kimi. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzMIU, 1, 40-46*

*For citation: Alasgarov, U. E. (2025). Natural-ecological framework as the basis of sustainable urban development. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzUAC, 1, 40-46*

Redaksiyaya daxil olma/Received 16.11.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 16.01.2024

## MÜASİR MEMARLIQDA ADAPTİVLİK KONSEPSİYASI

**Həsənova- Fəracova Kəlik Əlihəsən qızı**- m.ü.f.d., dosent, Memarlıq layihələndirilməsi və şəhərsalma kafedrası, AzMİU, hasanovafarajovakaklik@gmail.com

**Xülasə.** İqlim dəyişikliyi prosesi dünyada ekoloji, iqtisadi və sosial sistemlərə əhəmiyyətli təsir göstərərək bəşəriyyətin üzləşdiyi ciddi problemlərdən birinə çevrilir. Qlobal temperaturun sürətlə artması, qasırğa, daşqın və quraqlıq kimi ekstremal iqlim hadisələri, dəniz səviyyəsinin dəyişməsi sosial və iqtisadi sahə ilə yanaşı, memarlıq istiqamətinin də bu dəyişikliklərə uyğunlaşması ehtiyacını yaradır. Adaptiv memarlıq-dəyişən iqlim şəraitini nəzərə alaraq və tikililərin dayanıqlığını yüksəltməyə yönəlmiş müxtəlif həllər təklif edən innovativ yanaşmadır. Bu yanaşmanın əsas ideyası temperatur, rütubət, küləyin gücü və günəş radiasiya səviyyələri kimi ətraf mühitdəki dəyişikliklərə cavab olaraq funksional və struktur xüsusiyyətlərini dəyişə bilən memarlıq obyektləri yaratmaqdır.

**Açar sözlər:** adaptiv memarlıq, iqlim dəyişikliyi, müasir şəhərsalma, dayanıqlı tikililər, müasir texnologiyalar

## THE CONCEPT OF ADAPTABILITY IN MODERN ARCHITECTURE

**Hasanova Farajova Kaklik Alihasan** - PhD. in arc., ass. prof., department of Architectural design and urban planning, AzUAC, hasanovafarajovakaklik@gmail.com

**Abstract.** The process of climate change has a significant impact on the ecological, economic and social systems in the world and is becoming one of the serious problems faced by humanity. The rapid increase in global temperature, extreme climate processes such as hurricanes, floods and droughts, and changes in sea level create the need to adapt architectural direction to these changes, along with social and economic areas. Adaptive architecture is an innovative approach that takes into account changing climate conditions and offers various solutions aimed at improving the sustainability of buildings. The main idea behind this approach is to create architectural objects that can change their functional and structural properties in response to environmental changes such as temperature, humidity, wind strength and solar radiation levels.

**Keywords:** adaptive architecture, climate change, modern urban planning, sustainable buildings, modern technologies

**Giriş.** Adaptiv memarlıq müasir elektrik sistemində xarici iqlim və ətraf mühit təsirlərinə cavab olaraq öz xüsusiyyətlərini aktiv şəkildə mühafizə edən tikililər layihələndirməyi hədəfləyən bir tendensiyadır. Ənənəvi memarlıqdan fərqli olaraq, adaptiv binaların strukturları dəyişən ətraf mühit şəraitinə uyğunlaşmağa imkanı olan intellektual sistemlər və mobil materiallara ehtiyacın nəzərə alınması ilə layihələndirilmişdir. Bura işıq səviyyələrində minimal düzəlişlər, ventilyasiya, istilik ötürülməsi və ekstremal hava şəraitinə davamlılığını artırmaq üçün binanın planlaşdırılmasında fiziki dəyişikliklər daxil ola bilər. Adaptiv layihələndirilmənin əsas məqsədi ətraf mühitə mənfi təsirləri minimuma endirməklə yanaşı, sakinlər üçün yüksək səviyyədə enerji səmərəliliyi, rahatlıq və təhlükəsizlik təmin etməkdir. Belə layihələrdə istifadə olunan texnoloji konsepsiyalar çevik fasad sistemləri, bioiqlim elementləri və iş şəraitindəki dəyişikliklərə dərhal reaksiya verə bilən avtomatik iqlim nəzarəti mexanizmlərini əhatə edir. Bu sistemlər təkcə sakinlərin yaşayış şəraitini yaxşılaşdırmağa deyil, həm də istehlakı azaltmaqla xərcləri əhəmiyyətli dərəcədə azaltmağa imkan verir.

Müasir dövrdə bəzi şəhərlərin boş əraziləri az saylı funksiyalardan istifadə etmək üçün nəzərdə tutulub. Buna baxmayaraq, belə sahələrdən günün müxtəlif saatlarında dayanacaq və digər məqsədli istifadəsi şəhərin davamlı inkişafı üçün daha düzgün olar. Şəhərlərinin mərkəzində adaptiv

konsepsiyalardan intensiv istifadə ətraf ərazilərdə yaşıllıqların mühafizəsi, ekoloji vəziyyətin balanslaşdırılması, davamlılıq resurslarının artmasına müsbət təsir göstərir.

Memarlıq və tikinti ekologiyası sahəsinin birlikdə yaratdığı adaptivlik konsepsiyası bir çox hallarda ərazinin çoxfunksiyalı istifadəsi məsələlərinin həlli üçün inkişafa zəmin yaradır. Müxtəlif fasad həllinə malik binaların damı və ya eyvanlarının bir hissəsi şəhərin mərkəzində yaşıllıqların yerləşdirilməsi üçün ən uyğun seçilmiş yer ola bilər.

Bütün meqapolislərdə adaptivlik konsepsiyasına bu cür yanaşma nəinki şəhərin mərkəzində ekoloji vəziyyəti balanslaşdıracaq, o cümlədən şəhər və ətrafın yüklənmə yaratmadan yaşıllıqların mühafizəsi və onların sahəsinin artmasına, çoxfunksiyalı parkların salınmasına müsbət təsir göstərəcək.

**Metodlar.** Adaptiv memarlıq müxtəlif şəraitlərdə dəyişiklikləri stimullaşdırma bilən binaların tikintisi üçün müasir texnoloji inkişafdan fəal şəkildə istifadə edir. Belə binaların əsas elementlərindən biri işıqlandırma, temperatur və ya digər iqlim amillərindən asılı olaraq fiziki xüsusiyyətlərini dəyişə bilən adaptiv fasad sistemləridir. Məsələn, günəş lamelləri və ya tənzimlənən şəffaflığı olan smart şüşə ilə təchiz olunmuş fasadlar istilik mübadiləsini və daxili məkanların işini effektiv şəkildə idarə edə bilər. Bu cür konseptual təkliflər yalnız binaların içərisində rahatlığı artırır, həm də kondisioner və işıqlandırma üçün enerji istehlakını azaldır.

Digər mühüm məsələ hava şəraiti və istifadəçilərin ehtiyaclarına əsasən ventilyasiya, isitmə və soyutma sistemini avtomatik tənzimləyən intellektual iqlim nəzarəti sistemlərinin integrasiyasıdır. Bu sistemlərdə enerji istehlakını optimallaşdırmaq, sabit, rahat iş şəraitini təmin etmək üçün binaların daxilində və xaricində temperatur, rütubət, karbon qazı sensorlarından istifadə edilir. Belə texnologiyaların bir nümunəsi olaraq əlverişli iqlimi saxlamaq üçün yerin təbii temperaturlarından istifadə edən geotermal isitmə və soyutma sistemlərinin istifadəsini qeyd edə bilərik.

Bundan əlavə, dəyişən texnika və innovativ tikinti materiallarının adaptiv memarlıqda rolu tələb olunur. Məsələn, faza dəyişdirmə ən passiv iqlim nəzarətini təmin edərək, ətraf mühitin temperaturundan asılı olaraq istilik enerjisini saxlaya və xaric edə bilər. Belə materiallar istilik və soyutma sistemlərində ağır yükləri əhəmiyyətli dərəcədə azalda bilər, bu da əməliyyat xərclərini azaldır.

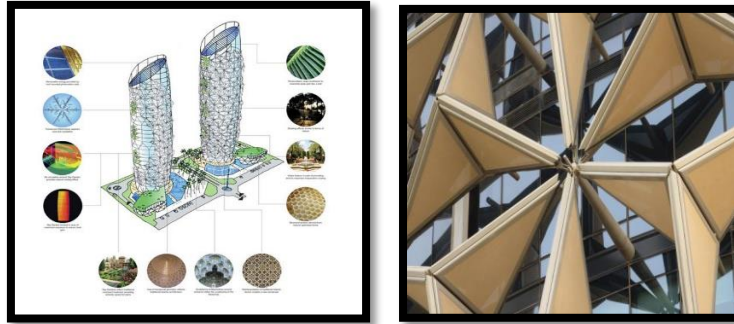
Adaptiv memarlıq dəyişən iqlim şəraiti ilə mübarizə aparmaq üçün innovativ yanaşmalar tətbiq edən bir sıra müasir binalarda təcəssüm olunur. Ən məşhur nümunələrdən biri İslam memarlığı prinsiplərinə əsaslanan innovativ fasad sistemindən istifadə edilməklə inşa edilmiş Əbu-Dabidəki Al Bahar Towers kompleksidir (Şək.1).



Şəkil 1. Əbu-Dabi, Al Bahar Towers kompleksi (Foto-www.architime.ru)

Qüllələrin fasadları günəş radiasiyasının səviyyəsindən asılı olaraq avtomatik açılan və bağlanan hərəkətli ekranlardan hazırlanır. Bu sistem binaya daxil olan günəş enerjisini effektiv şəkildə idarə edir, süni soyutmaya ehtiyacı azaldır və radiasiya səmərəliliyini artırır (Şək.2).

Digər görkəmli bina Amsterdamdakı The Edge binasıdır ki, bu bina yüksək davamlılıq və uyğunlaşma qabiliyyətinə görə yüksək beynəlxalq səviyyədə tanınıb. Edge modeli insanların məkanda olmasından və xarici hava şəraitindən asılı olaraq işıqlandırma, isitmə və ventilyasiyanı avtomatik tənzimləyən ağıllı iqlim nəzarət klapanları ilə təchiz edilmişdir. Bina, həmçinin günəş panelləri kimi bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadə edir və integrasiya olunmuş yağış sularının yığılması və istifadəsi sistemlərinə malikdir, bu da onu yüksək səmərəli və ekoloji cəhətdən davamlı edir.



**Şəkil 2.** Əbu-Dabi, Al Bahar Towers kompleksinin sxematik planı.  
(Foto-[www.architime.ru](http://www.architime.ru), [es.wikiarquitectura.com](http://es.wikiarquitectura.com))

Milanda yerləşən Bosco Verticale binası şaquli bağçılıq və memarlıq elementləri sahəsində innovativ həlli təmsil edir (Şək. 3). Bu yaşayış qüllələri təbii termostat rolunu oynayan, yayda binanın temperaturunu aşağı salan, qışda isə izolyasiyanı yaxşılaşdıran sıx ağac və kol dayaqaları ilə örtülmüşdür. Şaquli bağlar həmçinin davamlı hava keyfiyyətini təmin edir və binada və onun ətrafında əlverişli mikroiqlim şəraiti yaradır, Bosco Upperteyə dəyişən iqlim şəraitinə uğurla uyğunlaşmağa imkan verir.

Adaptiv layihələndirilmənin digər nümunəsi Parisdəki Ərəb Dünyası İnstitutunun binasıdır. Fasad hissəsində dəyişən işıq səviyyələrinə cavab verən yüzlərlə yaşayış diafraqması quraşdırılmışdır. Bu diafraqmalar işığın interyerə nüfuz etməsinə nəzarət edir, təbii işıq səviyyəsinə yaradır və süni işıqlandırma ehtiyacını azaldır. Bina dəyişən hava şəraitinə uyğunlaşır, ziyarətçilər üçün rahatlıq təmin edir və enerji xərclərini minimuma endirir.

**Nəticələr.** Adaptiv binaların inkişaf səbəbi, müasir memarlıq həllərinin layihələndirmə prosesində istifadəsidir. Bu layihələrə insanlar üçün kondisioner, enerji səmərəliliyi və rahatlığı təmin edən, dəyişən iqlim şəraitinə effektiv cavab verə bilən obyektlər yaratmaq üçün qabaqcıl texnologiyalar və təbii elementlər uğurla integrasiya edilir.

Adaptiv memarlıq müasir planlaşdırma və tikintini perspektivli istiqamətə çevirən əhəmiyyətli üstünlüklərə malikdir. Əsas üstünlüklərdən biri binaların enerji səmərəliliyinin artırılmasıdır. Adaptiv layihələr xarici mühitdəki dəyişikliklərə cavab olaraq parametrlərini dəyişdirə bilir ki, bu da istilik, işıq və ventilyasiya kimi resurslardan istifadəni optimallaşdırmağa imkan verir. Öz növbəsində, enerji istehlakı və xərclər azalır, bu da enerji qiymətlərinin sürətlə yüksəlməsi və karbonu azaltmaq üçün xüsusilə vacibdir. Temperatur və ventilyasiya nəzarəti kimi ağıllı iqlim nəzarət sistemlərindən istifadə etməklə, adaptiv binalar ətraf mühitə bu təsirləri minimuma endirməklə yanaşı, yüksək səviyyəli istifadəçi rahatlığını təmin edir.



**Şəkil 3.** Milanda yerləşən Bosco Verticale binası (Foto-www.stylepark.com)

Adaptiv layihələrin mühüm üstünlüyü onun binaları dəyişən iqlim şəraitinə daha davamlı etmək qabiliyyətidir. Qlobal istiləşmə və qasırğalar, quraqlıq və daşqınlar kimi ekstremal iqlim proseslərinə məruz qalma şəraitində adaptiv binalar öz sakinlərini daha effektiv qoruya və əlverişsiz hava şəraiti ilə bağlı riskləri minimuma endirir. Bundan əlavə, bu cür layihələr istismarda çevikliyi artırır və uzunmüddətli iqlim dəyişikliklərinə uyğunlaşmağa imkan verir ki, bu da onları davamlı edir.

Lakin, adaptiv memarlığın inkişafı üstünlükləri ilə yanaşı bir sıra tələblər və problemlər yaradır. Əsas aspektlərdən biri uyğunlaşa bilən binaları uyğunlaşdırmaq üçün tələb olunan qabaqcıl texnologiyaların və smart sistemlərin yüksək qiymətidir. Belə sistemlər layihələndirmə və tikinti, eləcə də texniki xidmət və təkmilləşdirmə üçün əhəmiyyətli ilkin investisiya tələb edir. İdarə oluna bilən fasadların, ağıllı iqlim sistemlərinin və sərfəli materialların integrasiyası müxtəlif istiqamətli xidmətlər və yüksək ixtisaslı mütəxəssislər tələb edir ki, bu da işin mürəkkəbliyini və müddətini artırır.

Digər tələb iqlim dəyişikliyinə uzunmüddətli planlaşdırılması və proqnozlaşdırılması ehtiyacıdır. Memarlar və mühəndislər bütün sistemlərin binanın ömrü boyu effektiv və aktual qalmasını təmin etmək üçün mövcud iqlim şəraitini, eləcə də onların gələcəkdə dəyişmə potensialını nəzərə almalıdırlar. Bunun üçün dəqiq iqlim modelləri və proqnozlarından istifadə, eləcə də planda mobillik tələb olunur ki, bu da planlaşdırma və inkişaf prosesinə mürəkkəblilik əlavə edir.

Beləliklə, təkmilləşdirilmiş enerji səmərəliliyi, davamlılıq və rahatlıq kimi üstünlüklərə baxmayaraq, adaptiv memarlıq əhəmiyyətli ilkin investisiyalar, kompleks planlaşdırma və iqlim dəyişikliyi proqnozları tələb edir. Bununla yanaşı, davamlı və ekoloji cəhətdən möhkəm tikintiyə artan ehtiyaca uyğun memarlıq həlli qlobal iqlim çağırışlarına effektiv şəkildə cavab verə bilən müasir şəhərlərin və binaların inkişafı üçün əsas istiqamətdir.

Texnologiyaların və metodların daha da inkişafı ilə əlaqəli gələcək adaptiv quruluş binalara iqlim şəraitindəki dəyişikliklərə daha effektiv reaksiya verməyə və rahat istifadə şəraiti yaratmağa imkan verəcəkdir.

Əsas ideyalardan biri böyük verilənlər və texniki göstəricilər əsasında iqlim və ətraf mühit dəyişikliklərini proqnozlaşdırma bilən geniş tətbiq sistemləri olacaqdır. Bu sistemlər binaları təkcə mövcud şəraitə cavab verməyə deyil, həm də optimal şəraiti qorumaq üçün parametrlərini tənzimləməyə sövq edir.

**Müzakirə.** Materialşünaslıq sahəsində də əhəmiyyətli inkişaf prosesi gedir və tikinti rejiminin dəyişməsi nəticəsində təkmilləşdirilmiş adaptiv texnologiyalara malik innovativ materiallar nisbətən köhnə tikinti materiallarını əvəzləyəcək. Xarici dəyişikliklərə avtomatik uyğunlaşan daha güclü, enerjiyə qənaət edən binalar yaratmaq üçün yeni materiallara üstünlük verilir.

Həmçinin, texnologiyaların inkişafı və xərclərin azalması ilə adaptiv memarlıq daha əlçatan və səmərəli olacağı gözlənilir. Bu gün müstəsna olaraq iri kommersiya və ictimai layihələrdə tətbiq edilənlər gələcəkdə yaşayış binalarının tikintisində istifadə olunacaq ki, bu da dəyişən iqlim şəraitində insanların həyat keyfiyyətini əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdıracaq.

Adaptiv memarlıq dəyişən iqlim şəraitinə və cəmiyyətin dəyişən tələbatına effektiv cavab verə bilən bina layihələndirilməsində innovativ istiqamətdir. İntellektual iqlim nəzarəti sistemlərinin integrasiyası, adaptiv prinsiplərə malik innovativ materialların istifadəsi və memarlıqda yeni üfqlər

açan ekoloji cəhətdən dayanıqlı həllərin istifadəsi binalara təkcə istifadəçilər üçün rahat mühit təmin etməyə deyil, həm də ətraf mühitə mənfi təsirləri minimuma endirməyə imkan verir.

Yüksək dəyərli texnologiyalar və mürəkkəb planlaşma kimi əhəmiyyətli problemlərə baxmayaraq, adaptiv memarlıq iqlim dəyişikliyi və urbanizasiya ilə bağlı əsas problemləri həll etmək üçün böyük potensiala malikdir. Gələcək inkişaf, insanların hər yerdə yaşaması və işləməsi üçün təhlükəsiz və ekoloji cəhətdən məsuliyyətli mühit yarada bilən və dəyişikliklərə uyğunlaşa bilən binalarla bağlıdır.

Ümumilikdə deyə bilərik ki, tikililərin layihələndirilməsi prosesində adaptiv yanaşma müasir şəhərsalma kontekstində böyük əhəmiyyət kəsb edir, ekoloji təhlükələrə uzunmüddətli davamlılıq yaradır və bina sakinlərinin həyat keyfiyyətini yüksəldir. Müasir texnologiyaların, intellektual iqlim nəzarəti sistemlərinin və innovativ materialların birləşməsi ətraf mühitə mənfi təsirləri minimuma endirməklə yanaşı, dəyişən şəraitə effektiv formada uyğunlaşaraq və istismar xərclərini azaldır.

## References

1. Garg, V., Chandrasen, K., Tetali, S., & Mathur, J. (2010). EnergyPlus simulation speedup using data parallelization concept in ASME 2010 4th International Conference on Energy Sustainability, Volume 2, 1041–1047. <https://doi.org/10.1115/ES2010-90509>.
2. Gosling, J., Sassi, P., Naim, M., & Lark, R. (2013). Adaptable buildings: A systems approach. *Sustainable Cities and Society*, 7, 44–51.
3. Jack, C. D., Jones, R., Burgin, L., & Daron, J. (2020). Climate risk narratives: An iterative reflective process for co-producing and integrating climate knowledge. *Climate Risk Management*, 29, 100239. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2020.100239>
4. Kalamees, T., Jylha, K., Tietavainen, H., et al. (2012). Development of weighting factors for climate variables for selecting the energy reference year according to the EN ISO 15927-4 standard. *Energy and Buildings*, 47, 53–60.
5. Nugent, S., Packard, A., Brabon, E., & Vierra, S. (2016, May 8). Living, regenerative, and adaptive buildings. WBDG. Retrieved April 13, 2022, from [www.wbdg.org/resources/living-regenerative-and-adaptive-buildings](http://www.wbdg.org/resources/living-regenerative-and-adaptive-buildings)
6. Remund, J., & Grossenbacher, U. (2019). Urban climate – Impact on energy consumption and thermal comfort of buildings. In *Proceedings of the BS 2019 Conference*. Retrieved from [https://publications.ibpsa.org/proceedings/bs/2019/papers/BS2019\\_210122](https://publications.ibpsa.org/proceedings/bs/2019/papers/BS2019_210122)
7. Singletary, L., & Sterle, K. (2020). Supporting local adaptation through the co-production of climate information: An evaluation of collaborative research processes and outcomes. *Climate Services*, 20, 100201. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2020.100201>
8. Wehrli, K., Sidler, F., & Gubler, S. (2024). Building design in a changing climate – Future Swiss reference years for building simulations. *Climate Services*, 34, 100448. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2024.100448>
9. Al Bahr Towers. (n.d.). Retrieved from <https://ahr.co.uk/projects/al-bahr-towers>
10. Future Architecture Platform. (n.d.). Retrieved from <https://futurearchitectureplatform.org/projects/300fb10f-8e44-4212-bb4a-a8ec784b72c4/>

*Məqaləyə istinad: Həsənova, K. Ə. (2025). Müasir memarlıqda adaptivlik konsepsiyası. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzMIU, 1, 47-51*

*For citation: Hasanova, F. K. (2025). The concept of adaptability in modern architecture. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzUAC, 1, 47-51*

Redaksiyaya daxil olma/Received 30.09.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 28.11.2024

**BAKU-RECREATION, SPORT AND HEALTH**

**Mustafayeva Fidan Vagif-** PhD in arc., acting ass.prof., department of Fundamentals of architecture, AzUAC, fidan.mustafayeva@azmiu.edu.az

**Abstract.** The article discusses the concepts of development of recreation areas and sports facilities, which are among the most important factors in creating a sustainable structure of the city of Baku in the future. In the process of research, the issues of formation and development of sports facilities and recreation zones with landscape green solution surrounding it are investigated in Baku and world urban planning practice. At the same time, methods of approaching this issue are considered in the scientific works of various scientists. Important points that need to be included in the concept for the development of recreation areas and sports facilities in the city of Baku have been identified. For the sustainable development of the city, modern functional zones have been identified, which should be included in the functional zoning scheme of these architectural objects. As a result, recreation zones and sports facilities are important in organizing the ecological, socio-economic and cultural environment of the city. At the same time, the effective organization of leisure activities for people with different health conditions should become one of the main goals in developing the concept for the design and development of these facilities.

**Key words:** Baku, sports facilities, recreation areas, large cities, health

**BAKİ-REKREASIYA, İDMAN QURĞULARI VƏ SAĞLAMLIQ**

**Mustafayeva Fidan Vagif qızı** – m.ü.f.d., dosent əvəzi, Memarlığın əsasları kafedrası, AzMIU, fidan.mustafayeva@azmiu.edu.az

**Xülasə.** Bakı şəhərinin gələcəkdə dayanıqlı struktura malik olmağında ən əhəmiyyətli amillər sırasında olan rekreasiya zonaları və idman qurğularının inkişaf konsepsiyaları məqalədə nəzərdən keçirilir. Tədqiqat prosesində Bakı və dünya şəhərsalma təcrübəsində idman qurğuları, onu əhatə edən landşaft yaşıllıq həllinə malik rekreasiya zonalarının formalaşma və inkişaf məsələləri araşdırılır. Eyni zamanda bu məsələyə müxtəlif alimlərin elmi əsərlərində yanaşma metodları nəzərdən keçirilir. Bakı şəhərindəki rekreasiya zonaları və idman qurğularının inkişaf konsepsiyasına daxil edilməli vacib məqamlar təyin edilmişdir. Şəhərin dayanıqlı inkişafı üçün bu memarlıq obyektlərinin funksional zonalaşma sxeminə daxil edilməli olan müasir funksional zonalar müəyyən edilib. Belə bir nəticəyə gəlirik, şəhəri ekoloji, sosial-iqtisadi və mədəni mühitin təşkilində rekreasiya zonaları və idman qurğuları vacib əhəmiyyət daşıyır. Eyni zamanda, bu obyektlərin layihələndirmə və inkişaf konsepsiyasının təklifi prosesinə müxtəlif sağlamlıq imkanlarına malik insanların asudə vaxtının səmərəli təşkili əsas hədəflərdən olmalıdır.

**Açar sözlər:** Bakı, idman qurğuları, rekreasiya zonaları, iri şəhərlər, sağlamlıq

**Introduction.** In order for the constantly developing and changing city of Baku to have a sustainable structure, various action plans are being prepared and implemented. Recreation areas and sports facilities bear a great responsibility in this process. Both recreation areas and sports facilities are an important factor in the effective use of the population's leisure time and increasing the level of healthy lifestyle. For this reason, it would be a positive step to design recreation areas and sports facilities as a single object of sustainable development of the city from all sides.

Currently, large recreational areas are being put into operation around the sports facilities built in Baku over the past ten years (for example, the Baku Olympic Stadium (2015)) (Fig. 1), or sports facilities are being added to the planning solution of existing recreational areas. As a successful example, we can mention such sports facilities as the Baku "Aquatic Palace" (2015) (Fig. 2), the Baku European Games Park (2015), etc., built over the past ten years on the territory of the National Seaside

Boulevard. These areas are becoming more functional and useful due to the presence of surrounding residential areas and highways.



**Figure 1.** Baku Olympic Stadium (Photo-fins.az)

The analysis of sports facilities only in terms of morphotypography or indicators is a narrow study. Modern sports facilities, in addition to having a certain architectural solution, also form a modern urban structure, so in the process of improving the master plan architects should propose specific sustainable development solutions for these facilities (Çalışkan, Bahadır, 2023).

Along with the numerous tourists who come to the city due to the development of tourism, the city's population also pays special attention to the tandem of recreation areas and sports facilities, which allow them to escape from routine life (Ceyhun, 2008).

As already mentioned, in modern times, sports facilities have a serious impact on the number of tourists coming to the city. At the same time, sports as a type of tourism forms a broad direction. With the correct organization of this direction, it is possible to develop sports tourism in some areas of large cities. We can see confirmation of this idea in various scientific works. "Sporting events are one of the fastest growing sectors of the global tourism industry, it is important to develop sports tourism" (Çetin, 2023).

The main organizing factors of recreation areas are landscape solution (green cover, composition of water basins, etc.) and sports zones. If these factors are present, sustainable recreation zones and a sustainable urban structure that is strengthened as a result of this process are formed. Areas with green cover, but not formed as recreation zones, and recreation zones (parks) have the main common feature is their positive effect on human health, or rather, the amount of toxic fumes concentrated in the air layer of cities is normalized due to the oxygen produced by the vegetation of these zones. The combination of green cover, recreational areas and sports facilities has a positive effect on people's physical and mental health.

**Methods.** The parallel development of recreation areas and sports facilities increases the sustainability potential of large cities in all directions. The main issue in this process is the design of recreation areas and sports facilities in accordance with both international standards and urban development norms.

In recreation zones, the composition of the territory, the dimensions of the territory, the type of sports activities vary according to the following:

- Number of population served,
- Features of the residential area,
- Natural features such as relief, land capacity, vegetation,
- Climatic conditions (Ersoy red., Barlas, 2016)



**Figure2 .** Baku. “Aquatic palace” (Photo-www.mys.gov.az)

Scientists dealing with the classification of sports facilities mainly divide the activity of these facilities into two directions:

- Sports facilities aimed at improving sports at the country level and preparing for various competitions.
- Physical education and treatment facilities aimed at protecting the health of the population (Zolotov at all, 2004 and Stepanova, 2003).

If we look at the planning solution process of sports facilities in the experience of other countries, we will see the ranking of the main requirements in this form:

- If the sports facility is intended for only one sport, it must be located in an area with a high development potential for that sport.
- Factors of use and number of spectators (capacity) should be taken into account in the process of designing devices, determining their capabilities and programming.
- Spectator seats cannot be placed in training facilities.
- International norms should be applied at the points where international and national competitions are held. Sports facilities of this type should be planned in a multi-purpose way.
- Durability, easy maintenance and easy cleaning, less staff work are the main factors in the facilities to be built.
- Open sports fields for football, basketball, volleyball and handball should be designed in each residential area.
- It is important to build a sports hall in every district with a population of more than 1,000 people.
- Large sports complexes can be located far from residential areas, but multi-functional sports facilities should be built in the area between people's work and home (Ersoy, 2015).

For sustainable development, it is very important to organize recreation zones and sports facilities in the form of a whole urban structure. In this process, the main issues to be taken into consideration are the city's climate, soil structure, age groups of the city's population, the distance between the sports facility and residential areas, the state of the transport structure, and the direction of the city's development before starting the design and operation of the facility.

At the same time, the city's adopted development concept for the coming years must be taken into account. Both the sports facilities and the recreational areas that complement it should be designed outside the areas where various types of waste are present.

**Modern approach.** Currently, it is possible to observe that the atmosphere is polluted in different ways in the big cities of the world. In cities with a high degree of radiation pollution, swimming pools, especially water aerobics, gymnastics, outdoor games, etc. proven beneficial for the population of cities exposed to radiation pollution. The depth of pools, which should be designed with a horizontal bottom, should be 1.1 - 1.2 m, and the water should be drained to a depth of 70 - 80 cm

[4, p. 40]. One of the requirements for the faster development of sports facilities is the presence of a flexible response to the ever-changing needs of the population (Kosogorsev, 2016).

In recent years, environmental awareness, sustainability concepts, unique project proposals have a serious impact on the design of sports facilities, especially stadiums. As a result, multi-functional, technologically superior sports facilities that can adapt to the environment are put into operation (Selo, Erdönmez, 2018).

The planning structure and facade solution of the sports facilities built in Baku constantly update the image of the largest city of Azerbaijan. Most of these sports facilities are designed in recreational areas. As a result, the urban population benefits from the comfortable environment created by the tandem of recreation areas and sports facilities.

We can classify these sports facilities in two categories. In the first category, let's classify the sports facilities built in Baku in the years 1950-1990, and in the second category, 1990-2020.

First, let's consider the sports facilities built and put into use in Baku in 1950-1990:

T. Bahramov Republican Stadium-1951, Baku Sports Palace-1974, Republican Velotrack-1980, Republican Olympic Center-1982, Heydar Aliyev Sports Concert Complex-1976 year.

The sports facilities built and put into use in Baku in 1990-2020 are as follows:

Baku Olympic Sports Complex-2000, Paralympic Sports Complex-2008, Baku Tennis Academy-2009, "Sarhadchi" Sports Center-2009, Baku Olympic Stadium-2015, Baku Crystal Hall-2012, National Gymnastics Arena-2014, Baku Shooting Center-2015, Baku "Aquatic Palace"-2015, Baku European Games Park-2015, Velopark-2015 year.

One of the main factors of the stability of the ecosystem of large cities is recreation zones, and it is important to emphasize the importance of designing sports facilities and recreation zones in the development concept of residential areas (Mustafayeva, 2023).

In large cities, special attention should be paid to the organization of the process of access of physically disabled people to existing sports facilities (Dawn, 2023). Suburban and urban residents with different physical abilities may face different difficulties when they want to come to these facilities. This can be caused by several factors:

- Due to the fact that the sports facilities are mainly located in the center of the city, the surrounding traffic density;
- Not fully organizing the process of using public transport for physically disabled people;
- Tariff set by special vehicles for long distances.

**Results.** In addition to all the mentioned factors, we can mention the main factors to be considered in the design process for the sustainable development of recreation areas and sports facilities.

- Effective organization of the ecological environment around the device
- Sports facilities and recreation areas are currently of great importance in the assessment of the city's tourism potential. The organization of this process, which is one of the factors of strengthening the socio-economic position of the city.
- Organization of the surrounding transport structure of the recreation zone taking into account the potential of visiting the sports facility.
- The recreation zone where the facility is located must have infrastructure that meets standards and can be flexibly modernized.
- In addition to the sports facility, the plan structure of the recreation zone should ensure the comfortable movement of people with physical disabilities.

**Discussion.** Recreation zones of large cities in all countries of the world and the tandem of existing sports facilities in their functional organization have a significant positive effect on both city planning, compositional solutions, and the health of the city population. It would be a positive step to apply the existing planning scheme of recreation zones in large cities of Azerbaijan to the design process of sports facilities in small cities. At the same time, adapting the surroundings of existing sports facilities built relatively far from recreation zones to the concept of recreation areas with different functional zones will have a positive effect on the future development of cities.

In the coming years, the demand for recreational areas with rich vegetation and green areas will increase significantly. If the Baku agglomeration continues the positive trend in the design and operation of recreation zones and sports facilities in this form, the city's sustainable development process will always be active.

### **Istinadlar**

1. Mustafayeva, F. V. (2023). İri şəhərlərdə müasir parkların dayanıqlı rekreasiya potensialı. Elmi Əsərlər jurnalı AzMİU, 1, 5–10.
2. Serdar, C. (2008). Spor tesislerinin rekreativ açıdan kullanımı. Kastamonu Eğitim Dergisi, 16(1), 325–332.
3. Çetin, A. (2023). Spor turizmi ve spor etkinlikleri üzerine bir derleme. Türkiye Spor Bilimleri Dergisi, 7(1), 48–58.
4. Çalışkan, E. B., & Koç Aytekin, Ç. (n.d.). Spor için alternatif mekanlar: Deneysel bir tasarım stüdyosu. YDÜ Mimarlık Fakültesi Dergisi - NEU Journal of Architecture Faculty, 5(2), 43–62.
5. Ersoy, M., & Barlas, M. A. (Eds.). (2016). Kentsel planlama: Ansiklopedik sözlük. İstanbul: NİNOVA.
6. Ersoy, M. (2015). Kentsel planlamada standartlar. İstanbul: NİNOVA.
7. Selo, K., & Erdönmez, M. E. (2018). Spor mekanı olarak stadyum'un gelişimi. Kent Akademisi, 11(36)(4), 559–574.
8. Dawn, R. (2023). Disability and sports: A systematic review of participation and management in India. Disabilities and Impairments, 37(2), 147–158.
9. Aristova, L. V. (1999). Fizkul'turno-sportivnye sooruzheniya (Red.). Moskva: SportAkademPress.
10. Zolotov, M. I., Kutepov, M. E., Kuzin, V. V., et al. (2004). Menedzhment i jekonomika fizicheskoy kul'tury i sporta: Uchebnoe posobie. Moskva: Akademija.
11. Kosogorcev, V. I. (2016). Podhody k klassifikacii uslug fizkul'turno-sportivnyh organizacij. Rossijskoe predprinimatel'stvo, 17(4), 573–584. <https://doi.org/10.18334/rp.17.3.34992>
12. Stepanova, O. N. (2003). Marketologiya sporta: instrumentarij sociologa: Uchebnoe posobie. Moskva: Sovetskij sport.

### **References**

1. Mustafayeva, F. V. (2023). İri şəhərlərdə müasir parkların dayanıqlı rekreasiya potensialı. Elmi Əsərlər jurnalı AzMİU, 1, 5–10.
2. Serdar, C. (2008). Spor tesislerinin rekreativ açıdan kullanımı. Kastamonu Eğitim Dergisi, 16(1), 325–332.
3. Çetin, A. (2023). Spor turizmi ve spor etkinlikleri üzerine bir derleme. Türkiye Spor Bilimleri Dergisi, 7(1), 48–58.
4. Çalışkan, E. B., & Koç Aytekin, Ç. (n.d.). Spor için alternatif mekanlar: Deneysel bir tasarım stüdyosu. YDÜ Mimarlık Fakültesi Dergisi - NEU Journal of Architecture Faculty, 5(2), 43–62.
5. Ersoy, M., & Barlas, M. A. (Eds.). (2016). Kentsel planlama: Ansiklopedik sözlük. İstanbul: NİNOVA.
6. Ersoy, M. (2015). Kentsel planlamada standartlar. İstanbul: NİNOVA.
7. Selo, K., & Erdönmez, M. E. (2018). Spor mekanı olarak stadyum'un gelişimi. Kent Akademisi, 11(36)(4), 559–574.
8. Dawn, R. (2023). Disability and sports: A systematic review of participation and management in India. Disabilities and Impairments, 37(2), 147–158.
9. Aristova, L. V. (1999). Fizkul'turno-sportivnye sooruzheniya (Red.). Moskva: SportAkademPress.
10. Zolotov, M. I., Kutepov, M. E., Kuzin, V. V., et al. (2004). Menedzhment i jekonomika fizicheskoy kul'tury i sporta: Uchebnoe posobie. Moskva: Akademija.

11. Kosogorcev, V. I. (2016). Podhody k klassifikacii uslug fizkul'turno-sportivnyh organizacij. Rossijskoe predprinimatel'stvo, 17(4), 573–584. <https://doi.org/10.18334/rp.17.3.34992>
12. Stepanova, O. N. (2003). Marketologija sporta: instrumentarij sociologa: Uchebnoe posobie. Moskva: Sovetskij sport.

*Məqaləyə istinad: Mustafayeva, F.V. (2025). Müasir memarlıqda adaptivlik konsepsiyası. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzMIU, 1, 52-57*

*For citation: Mustafayeva, F.V. (2025). The concept of adaptability in modern architecture. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzUAC, 1, 52-57*

Redaksiyaya daxil olma/Received 20.09.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 20.12.2024

## QƏDİM DÖVRDƏ İDMAN TİKİLİLƏRİNİN YARANMA TARİXİ VƏ MEMARLIĞI

**Nağıyev Nizami Həsən oğlu**- memarlıq doktoru, prof., Memarlığın əsasları kafedrası, AzMİU, [nizaminagiyev@gmail.com](mailto:nizaminagiyev@gmail.com)

**Əliyeva Nigar Elxan qızı**- baş müəllim, Memarlığın əsasları kafedrası, AzMİU, [nigar-alieva-80@mail.ru](mailto:nigar-alieva-80@mail.ru)

**Kərimov Hidayət Vilayət oğlu**- baş müəllim, Memarlığın əsasları kafedrası, AzMİU, [hidayat\\_vilayatoglu@inbox.ru](mailto:hidayat_vilayatoglu@inbox.ru)

**Xülasə.** Məqalədə Qədim Yunan və Roma şəhərlərində idman tikililərinin yaranma tarixi və memarlığı, Milet və Priendə idman obyektlərinin tikintisi (gimnasionlar, məbədlər, stadionlar) haqqında məlumat verilmişdir. Avropada idman tikililərinin memarlıq mənbələri Yunanıstan və Romanın antik dövrlərinə aiddir, idman oyunlarının prinsiplərinin inkişafı isə Avropa xalqlarının minillik tarixi boyunca onların sosial inkişafı ilə paralel gedirdi. Yunanıstan və Roma dövlətlərinin tarixi taleyi qədim Yunan və qədim Roma şəhərlərində idman tikililərinin inşasına əhəmiyyətli təsir göstərmişdir. Ellin dövründə fiziki məşğələ və idman yarışları insanın əqli qabiliyyətləriylə bərabər onun fiziki qabiliyyətlərinin də inkişafına xidmət edirdi. Qədim zamanlarda oyunlar və idman yarışları üçün xidmət göstərmiş əşyalar dini əhəmiyyətə malik idilər və bizdə qədim zamanlarda təbiətin gücünü anlamaq üçün təsəvvür yaradır. Məsələn, hindlilərdə disk günəşi simvollaşdırmış və Vişnu Allahının atributu idi; asteklərdə top oyunu gecəylə gündüzün, qaranlıqla işığın mübarizəsinin alleqoriyası idi, həm də oyun meydançası səmanı, top isə kainatı simvollaşdırırdı.

**Açar sözlər:** idman yarışları, oyun arenaları, stadion, məbəd, gimnasion, idman tikililəri, qədim dövr

## THE ARCHITECTURE AND EMERGENCE HISTORY OF SPORT BUILDINGS AT ANCIENT TIMES

**Naghiyev Nizami Hasan**— doctor of arc., prof., department of Fundamentals of architecture, AzUAC, [nizaminagiyev@gmail.com](mailto:nizaminagiyev@gmail.com)

**Aliyeva Nigar Elkhana**- senior lecturer, department of Fundamentals of architecture, [nigar-alieva-80@mail.ru](mailto:nigar-alieva-80@mail.ru)

**Karimov Hidayat Vilayat**- senior lecturer, department of Fundamentals of architecture, [hidayat\\_vilayatoglu@inbox.ru](mailto:hidayat_vilayatoglu@inbox.ru)

**Abstract.** The article provides information on the emergence history and architecture of the sport buildings at the ancient Greek and Roman cities, and information on the construction of the Milet and Prien sport objects (gymnasium, temples and stadiums). The architectural sources of sports buildings in Europe date back to the ancient times of Greece and Rome, while the development of the principles of sports games went parallel to their social development throughout the millennial history of European nations. The historical fate of the Greek and Roman states had a significant impact on the construction of sports buildings in ancient Greek and ancient Roman cities. During the Hellenistic period, physical training and sports competitions served to develop a person's physical capabilities as well as his mental abilities. In ancient times, objects that served for games and sports competitions had religious significance and gave us an imagination to understand the power of nature. For example, among the Indians, the disk symbolized the sun and was an attribute of the God Vishnu; In the Aztecs, the ball game was an allegory of the struggle between night and day, darkness and light, and the playground symbolized the sky, and the ball illustrated the universe.

**Keywords:** Sport competitions, game arenas, stadium, temple, gymnasium, sport buildings, ancient time

**Giriş.** İdman insan cəmiyyətinin həyatı ilə əlaqədardır və qədim dövrdə əhəmiyyətli dərəcədə inkişaf etmişdir. Qədim zamanlarda fiziki məşqlər adətən dini xarakter daşıyırdı və gigiyena ilə bağlı idi. Lakin müasir dövrdə hərbi təlim, oyun və əyləncələr zamanı fiziki məşğələlər əhəmiyyətli rol oynamağa başladı. İdmanın inkişafı, məişətdə müxtəlif oyunların və idman yarışlarının meydana çıxması xüsusi tikililərin inşasına ehtiyac doğurdu, yeni tikililər isə öz növbəsində idmanın inkişafında tərəqqiyə təsir göstərirdi. Azərbaycan qədim idman ənənəsi ilə seçilən ölkələrdən biridir. Burada tarixən idmanın müxtəlif növləri inkişaf etmişdir. Bu məsələyə münasibətdə Azərbaycan Respublikasının Ulu öndər Heydər Əliyev demişdir: “Xalqımız, millətimiz genetik xüsusiyyətlərinə görə fiziki cəhətdən sağlam insanlardan ibarət olan xalqdır, millətdir. Fiziki sağlamlıq və fiziki güc mənəvi sağlamlıqla bərabər Azərbaycan xalqına, millətinə xas olan xüsusiyyətdir. Amma bu xüsusiyyət həmişə bizim daxilimizdə qalıbdır. Keçmiş dövrlərdə də, əsrlərdən-əsrlərə pəhləvanlarımız da, güləşçilərimiz də, oxatanlarımız da, fiziki imkanlarını cürbəcür oyunlarda nümayiş etdirənlərimiz də olubdur. Ancaq məlum olan səbəblərə görə bunlar yalnız öz ölkəmizin çərçivəsində qalıb, dünya miqyasına çıxmayıbdır.”

Heydər Əliyev müstəqillik illərində Azərbaycan idmanının qədim, tarixi ənənələrindən bəhs edərkən ölkə idmançılarının bir zamanlar beynəlxalq miqyasa çıxma bilmədiyini ürək ağrısı ilə xatırlayırdı. Azərbaycan idmanının dünya idmanından bu cür təcrid olunması, beynəlxalq aləmdə özünə layiq şəkildə təmsil olunmaması siyasi səbəblərdən irəli gəlirdi. Ulu öndər Heydər Əliyev çıxışlarından birində bunu belə izah etmişdir: “Keçmiş dövrlərdə də Azərbaycanın nümayəndələri Olimpiya Oyunlarında təmsil olunmuşdular. Bəziləri yüksək nailiyyətlər də əldə etmişlər. Ancaq onlar keçmiş Sovetlər İttifaqını təmsil etmişlər. Eyni zamanda, Azərbaycan tam müstəqil olmadığına görə keçmişdə Sovetlər ittifaqının ümumi komandasında Azərbaycanın idman ustaları istənilən qədər, istənilən miqdarda heç vaxt təmsil olunmamışdır”.

**Metodologiya.** Sovet İttifaqının tərkibində olarkən idmana dövlət səviyyəsindəki münasibətin əsasları ümumittifaq miqyasında həll olunurdu. Bu, respublikaya ayrılan büdcənin hansı hissəsinin bilavasitə idman üçün nəzərdə tutulmasının, əslində, qabaqcadan müəyyənləşdirilməsi idi. Sovet İttifaqında müttəfiq respublikalarda böyük idman qurğularının tikintisi planlı şəkildə aparılmışdır. Hər bir müttəfiq respublikaya bir mərkəzi stadion tikintisi üçün imkan yaradılmış, örtülü idman zallarının, komplekslərin inşasına məhdudiyyət qoyulmuşdu. Təbii ki, bu cəhət ölkə ərazisində böyük idman qurğularının yaradılmasına həmişə mane olmuşdur. İdman yarışlarının keçirilməsi, beynəlxalq turnirlərə, dünya, Avropa çempionatlarına atletlərin göndərilməsi də eyni qaydada tənzimlənirdi. Onu da nəzərə almaq lazımdır ki, müttəfiq respublikaların ittifaq miqyasında güclü olan idmançıları da bəzən subyektiv səbəblərdən yığmaya salınmırdı. Təbii ki, göstərilən cəhətlər müxtəlif idman növlərində Azərbaycan idmançılarının dünya və Avropa çempionatlarında uğurlar qazanmasına mane olmuşdur. Bütün bunlar respublika idmanına öz təsirini göstərirdi. Belə şəraitdə mövcud imkanlardan istifadə edərək, kütləvi bədən tərbiyəsi üçün nəzərdə tutulanlar hesabına ölkə idmanının inkişafına çalışmaq tələb olunurdu. İkinci yol daxili imkanların səfərbərliyə alınması, həmkarlar ittifaqlarının idman bazalarını yaratmaqla idman şəraitini yaxşılaşdırmağı əhatə edirdi. Məhz bu imkanlardan düzgün istifadə etmək idmanın inkişafı üçün müəyyən şərait yaratmağa, böyük idmana yol açmağa kömək göstərə bilərdi. Əsas şərtlərdən biri mövcud şəraiti düzgün qiymətləndirmək, bu sahədə ardıcıl, məqsəduyğun siyasət yürütməkdən ibarət idi. Heydər Əliyevin respublikaya rəhbərlik etdiyi 1969-1982-ci illərdə Azərbaycanda bütün sahələrin, o cümlədən idmanın gələcək inkişaf perspektivləri ciddi nəzərə alınmışdır. Bu illərdə ölkədə idman kompleksləri, qurğuları, zalları tikilmiş, idman meydançaları salınmış, böyük idman-sağlamlıq mərkəzləri yaradılmışdır. Ölkədə idmanın maddi-texniki bazasının yaradılması üçün çox iş görülmüşdür. Məsələn, 1973-cü ildə respublikanın paytaxtında möhtəşəm idman sarayının təməli qoyuldu. 1974-cü ildə Bakıdan başqa, Azərbaycanın 36 rayonunda da 59 uşaq-gənclər idman məktəbi fəaliyyət göstərirdi. 1975-ci ildə təkcə Bakıda 250 idman meydançası və şəhərçiysi salınmışdır.

**Yekun fikirlər.** 1991-ci ilin 18 oktyabrında Azərbaycan dövlət müstəqilliyini bərpa etdi. Müstəqilliyin ilk illərində ölkəyə rəhbərlik edənlər respublikada siyasi sabitlik yarada bilmədilər. Həm bu, həm də ölkənin müharibəyə cəlb olunması, onun torpaqlarının işğal edilməsi respublika idmanını xeyli geriye atdı. 1990-1993-cü illərdə idmanımız ətələt məngənəsində idi başlı-başına

buraxılmışdı. Bir çox idman bazaları baxımsızlıq üzündən yararsız vəziyyətə düşmüşdü, onlardan təyinatı üzrə istifadə olunmurdu, idman avadanlıq və ləvazimatları dağıdılırdı. Yüksək idman ustalığına malik və perspektivli idmançılar, bacarıqlı idman mütəxəssisləri, məşqçilər ölkəni tərk etməyə başlamışdılar. İdman dövlət qayğısından kənarda qalmışdı. İdman sahəsindəki hər hansı uğurlu dəyişiklik öz axarı ilə gedən hadisələrin nəticəsi kimi təzahür edirdi.

1992- ildə Azərbaycanda milli federasiyaların və Milli Olimpiya Komitəsinin yaranması da dövlət suverenliyinin atributlarını yaratmaq tələbi kimi meydana çıxdı və Heydər Əliyevin təsiri nəticəsində həll olundu. Milli Olimpiya Komitəsi 1992-ci il yanvarın 14-də keçirilən ümumrespublika konfransında təsis edildi, elə həmin ilin 10 martında Respublika Ədliyyə Nazirliyində qeydiyyatdan keçdi. Bu tarix Azərbaycan Milli Olimpiya Komitəsinin rəsmi yaradılma günü kimi qəbul edilmişdir.

Milli Olimpiya Komitəsinin Azərbaycanda rəsmi qeydiyyatla alınmasından Barselona Olimpiya Oyunlarının başlanmasına qədərki dövrdə fəaliyyət həm Milli idman federasiyalarının, həm də MOK-un qitə və dünya təşkilatları tərəfindən tanınması üçün müraciətlərin edilməsini, MOK-un strukturunun formalaşdırılmasını əhatə etdi. Komitə Olimpiada ilində yaranmışdı. Təbii ki, lisenziya yarışları arxada qalmışdı. 1992-ci ildə Barselonada Olimpiya Oyunları başlananda Azərbaycan Milli Olimpiya Komitəsi hələ Beynəlxalq Olimpiya Komitəsi tərəfindən tanınmamışdı. Ona görə də Azərbaycanın yalnız dörd idmançısı o dövrdə yaradılmış Müstəqil Dövlətlər Birliyinin yığma komandasının tərkibində Barselona Olimpiya Oyunlarında iştirak edə bildi.

03-08.07.1993 Azərbaycanın yeniyetmə idmançıları Hollandiyanın Valkensvad şəhərində keçirilmiş Avropa Yeniyetmələrinin Olimpiya Günlərində iştirak etmişlər.

**Müzakirə.** İndiki dövrdə Azərbaycan Milli Olimpiya Komitəsi hazırda qitə və beynəlxalq miqyasda tanınan, nüfuzlu təşkilatlardan biridir. 1992-ci ildə yaradılmış Olimpiya Komitəsinin Olimpiya ailəsində belə tanınması görülmüş işlərin geniş əhatə dairəsinə, çoxtərəfliyinə, keyfiyyətinə, həyata keçirdiyi hər bir mütəbər tədbirin yüksək səviyyəsinə, Olimpiya Hərəkatı və idmanda ölkənin qazandığı yüksək nailiyyətlərə, ən başlıcası isə ardıcıl və məqsəduyğun fəaliyyətinə görə olmuşdur.

Azərbaycan xalqının ümummilli lideri Heydər Əliyevin Milli Olimpiya Komitəsinin yaradılmasının onillik yubileyinin dövlət səviyyəsində qeyd olunması haqqında 12.12.2001 tarixli Sərəncamında deyilirdi: “Milli Olimpiya Komitəsi Azərbaycanda Olimpiya Hərəkatının daha da genişlənməsi, onun maddi-texniki bazasının möhkəmləndirilməsi, idmançılarımızın hazırlıq səviyyəsinin yüksəldilməsi üçün onların beynəlxalq yarışlarda iştirakının təmin olunması yolunda səmərəli fəaliyyət göstərir. Xüsusilə qeyd edilməlidir ki, Milli Olimpiya Komitəsi bu mühüm vəzifələrin həyata keçirilməsi üçün ölkənin müxtəlif dövlət və ictimai qurumları ilə, habelə dünyanın ayrı-ayrı olimpiya və idman təşkilatları ilə sıx əməkdaşlıq əlaqələri yarada bilmişdir”. Bu sözlərin deyildiyi vaxtdan, demək olar ki, 15 illik bir vaxt keçmişdir. Bu müddət Milli Olimpiya Komitəsinin fəaliyyətinin keyfiyyətə yeni bir dövrə keçməsi ilə səciyyələnilir.

İdman böyük qayğı və diqqət tələb edir. Hər hansı ölkədə onun kifayət qədər ardıcıl və məqsədyönlü inkişafı idman ənənəsi, idmanla məşğul olmağa şərait və imkan, idmançılara münasibət, idman mütəxəssislərinin yetişdirilməsi, yarışların təşkili və keçirilməsi, idmançıların beynəlxalq yarışlarda iştirakının təmini, idmanın təbliği, kütləviləşdirilməsi kimi amillərdən çox asılıdır. Belə amillər cərgəsində dövlətin idmana münasibəti özünəməxsus yer tutur. Çünki bu münasibət özü-özlüyündə qeyd olunan məsələlərin müəyyən qisminin həllinə bilavasitə təsir göstərir. Eyni zamanda, ölkədə idman ənənəsinin olması da vacib şərtlərdəndir.

Bu istiqamətdə XX əsrin əvvəllərindən Bakıda və Azərbaycanın bütün bölgələrində, bütün şəhərlərində müasir tələblərə cavab verən nəhəng Olimpiya kompleksləri inşa edilmişdir, böyük idman meydançaları, stadionlar, tenis meydançaları və başqa idman qurğuları.

Bunların hamısı müasir tələblərə cavab verərək qədim tarixi ənənələrə əsaslanır.

Hələ daş dövründə belə adlandırılan kromlexlər, yəni daş sütunlarla əhatə olunmuş meydançalar tikilirdi. Kromlexlər əsasən fiziki yarışlar, müğənni və şairlərin çıxışları üçün arena kimi xidmət edirdi, yəni müasir teatr və stadionların bir nümunəsi idi.

Hind, fars və qədim azərbaycan hökmdarlarının saraylarında atçılıq idman hərəkətləri və atıcılıq yarışlarının keçirilməsi üçün monumental tövlələr tikilirdi ki, bu da Asiyanın ən qədim idman

oyunları olan at-idman oyunlarının məşhurluğuna şahidlik edir, hansı ki, artıq bizim eradan dörd min il əvvəl orada məşhur idi.

Qədim zamanlarda oyunlar və idman yarışları üçün xidmət göstərmiş əşyalar dini əhəmiyyətə malik idilər və bizdə qədim zamanlarda təbiətin gücünü anlamaq üçün təsəvvür yaradır. Məsələn, hindlilərdə disk günəşi simvollaşdırmış və Vişnu Allahının atributu idi; asteklərdə top oyunu gecəylə gündüzün, qaranlıqla işığın mübarizəsinin alleqoriyası idi, həm də oyun meydançası səmanı, top isə kainatı simvollaşdırırdı.

Güc və sürətə görə yarışlar artıq ibtidai xalqlar arasında və bütün antik dünyada məlum idi. Qazıntılar zamanı asteklərin və mayalıların şəhərlərinə yaxın ərazilərdə bizim eramızın başlanğıcında top oyunu üçün tikilmiş ən qədim meydançalar aşkar edilmişdir.

Hələ bizim eradan əvvəl III yüzillikdə Amerika hindlilərinə məlum olan rezin top, o zamanlar Şimali Amerika Birləşdirilmiş Ştatlarında yayılmış elastik toplarla ilk oyunların nəticəsi idi.

Qədim Meksika oyun arenalarının divarlarında: səhnənin oxunda divara perpendikulyar bərkidilmiş daş halqalar tapılmışdır, hansılardan ki, oyun zamanı top atılırdı; bu halqalar həqiqətən də amerika basketbolundakı səbətlərin ilk nümunəsi hesab edilə bilər.

Avropada idman tikililərinin memarlıq mənbələri Yunanıstan və Romanın antik dövrlərinə aiddir, idman oyunlarının prinsiplərinin inkişafı isə Avropa xalqlarının minillik tarixi boyunca onların sosial inkişafı ilə paralel gedirdi.

Yunanıstan və Roma dövlətlərinin tarixi taleyi qədim Yunan və qədim Roma şəhərlərində idman tikililərinin inşasına əhəmiyyətli təsir göstərmişdir. Ellin dövründə fiziki məşğələ və idman yarışları insanın əqli qabiliyyətləriylə bərabər onun fiziki qabiliyyətlərinin də inkişafına xidmət edirdi. Əvvəlcə idman tikililəri şəhəratrafi ərazilərdə, əkinçiliklə məşğul olan xalqların bütün ibtidai bayramları, kənd təsərrüfatı işlərinin dövrləri ilə: şərabçılıq, məhsul bayramı, fəsillərin dəyişməsi kimi ibtidai xalq bayramları üçün təyin edilmiş kənar yerlərdə inşa edilirdi. Sonralar, dini təsəvvürlərin möhkəmləndiyi dövrlərdə həmin yerlərdə ayrı-ayrı tanrılara və hətta Allah qruplarına həsr edilmiş məbədlər yüksəldilirdi. Buna misal olaraq, bizim eradan üç yüz il əvvəl şəhər kənarı ərazilərdə tikilmiş olimpiya və delfi stadionlarını, gimnasium və məbədləri göstərmək olar. Ellin şəhərlərinin sonrakı ictimai və siyasi inkişafı Milet və ya Prienedə olduğu kimi şəhər daxilində idman obyektlərinin tikintisinə gətirib çıxardı.

Bu dövrlərdə Yunanıstanda Platon prinsipinə riayət edirdilər, belə ki, bu prinsipə görə, ümumi bədən tərbiyəsi tikililəri şəhər mərkəzində, idman yarışları üçün olan tikililər isə şəhər hüdudlarından kənarda və ya onun periferiyasında ucaldılmalı idi.

Belə sistemə Afinanı nümunə göstərmək olar, burada şəhər hüdudları daxilində dörd ictimai gimnasium (Dipilon darvazaları qarşısında Hermes gimnasiumu, Attalos Stoaı yanında Filadelfos gimnasiumu, Attalos Stoaından şərqdə Adrian gimnasiumu, Diogeniya gimnasiumu) və bir sıra şəxsi palestralar var idi. Platonun akademiyası, Likey, tamhüquqlu olmayan vətəndaşlar üçün Kinosarqedə Herakl gimnasiumu və İlios çayının sol sahilindəki Panafiney oyunları stadionu şəhər hüdudlarından kənarda yerləşirdi. Afinanın əksinə olaraq, Romada bütün idman tikililəri xarakterdən asılı olmayaraq şəhər hüdudları daxilində tikilirdi ki, Pompey və Roma nümunələri buna şahidlik edir. Bunun səbəbi, Romanın əksər idman obyektlərinin əyləncə xarakterinə malik olmasında idi ki, bura gediş-gəlişin rahatlığını təmin etmək üçün onlar yaşayış rayonlarının yaxınlığında inşa edilməli idi. Yuli Sezar, hərbi təlimlər üçün nəzərdə tutulmuş meydançaları maksimal dərəcədə əlçatan etməklə şəhərə yaxınlaşdırmağı arzu edərək, Mars sahəsini şimala, Tibr çayının digər sahilinə daşınmasını layihələndirir və çay yatağını elə dəyişdirməyə göstəriş verir ki, çay yeni Mars sahəsini şəhərdən ayırmır.

IV əsrin başlanğıcında qədim Romanın planı idman tikililərinin və onların ərazilərinin əhəmiyyətli inkişafından xəbər verir, hansılar ki, o zamanlar yalnız əyləncə məqsədləri üçün xidmət göstərirdi.

Konstantinin hökmranlığı dövründə şəhərdə 2 amfiteatr, 5 sirk, 11 term və 856 kiçik hamam mövcud idi.

Yunanıstanda idman üçün bütün tikililərin planlaşdırılması onların təyinatına tabe edilmişdi. Oyun və yarışlar üçün olan qədim meydançalar gözəl mənzərəsi ilə fərqlənən müqəddəs meşəlik

ərazilərdə yerləşirdi. Yunanıstanda idmanın ən qədim obyektı gimnasiumlar idi və iki hədəfə: fiziki məşqlərə və əqli inkişafa xidmət edirdi. Əvvəlcə yunan mədəniyyətinin arxaik dövründə (təxminən bizim eradan 1000 il əvvəl) gimnasiumlar ətrafında ağaclar əkilmiş açıq meydançalar təşkil edilmişdir ki, onların kölgəsində oyun və təlim iştirakçıları dincələ bilirdilər. Sonralar, təxminən b.e.ə. III əsrdən etibarən meydançaların yanında pis hava şəraitində qaçış yarışları üçün üstüörtülü kolonnadalar (ksistos) və palestralartikilməyə başladı. Bu, kolonnadalarla əhatə olunmuş düzbucaqlı meydançalar idi və bura bayırdan soyunub-geyinmə (apoditeriyalar), məşqlərə hazırlıq və məşqlərdən sonra yuyunma yerləri əlavə edilmişdi.

Yunanlar məşqlərdən əvvəl və sonra yuyunmağa böyük əhəmiyyət verdiklərindən bütün gimnasium və palestralar təbii çarhovuzların yanında tikilirdi. Bütün palestralar əl və ayaq üçün xüsusi vannalarla təchiz edilirdi, həm də çimmək məşqlərdən sonra yuyunmaq və tərəvətlənmək üçün tətbiq edilirdi. Palestralarda həmçinin axar sudan istifadə etməklə duşlar da qurulmuşdu. Bədənin möhkəmləndirilməsinə böyük əhəmiyyət verən spartalılar yalnız duşu deyil, həm də spartalıların yaşadığı ərazinin adını alan "lakoniki" adlı quru hamamını ixtira etdilər. Bu hamamlar soyuq su ilə çimməklə fin saunasına oxşayırdı. Qədim yunanlar günəş vannalarını da yüksək qiymətləndirirdilər; gündən qaralmış bədən səviyyəsi insanlardan fərqli olaraq, palestralarda məşq edənlərin fərqləndirici əlaməti idi. Olimpiya palestrasında, yuyunma otaqlarından başqa, məşqlərdən sonra dincəlmək üçün vanna və qızdırıcılarla təchiz olunmuş hamamlar və üzmə hovuzları da mövcud idi (b.e.ə.V əsr). Ellinlər tərəfindən gənclərin hərtərəfli fiziki və əqli inkişafı prinsipi qəbul edildiyinə görə, vətəndaşların tərbiyə amili kimi, sonralar bütün gimnasiumların sinonimi olmuş palestralarda mühazirə və söhbətlər üçün məkanlar da tikilirdi. Ən geniş belə məkan toplantıların keçirildiyi və oğlanların təhsil aldığı efəbilər (yeniyetmə gənclər cəmiyyəti) idi. Gimnasiumlar və daha sonralar palestralar, məlum olduğu kimi, gənclər üçün təlim-tərbiyə müəssisələri olmuşdur və buna görə bina və qurğuların bədii tərtibatına, eləcə də təchizat detallarına böyük diqqət yetirilirdi. Xüsusən gimnasiumların (efebiy - yeniyetmə gənclər cəmiyyəti daxil olmaqla) əsas məkanlarının şimal tərəfdə yerləşdirilməsi, həm də bu yerlərdən müasir idman pavilyonunun vestibülünə uyğun içəri həyətə çıxan oyuqların buraya cənub tərəfdən havanın və günəşin daxil olmasını təmin etməsi Qədim Yunanıstanda memarlıq - planlaşdırma sənətinə nə qədər yüksək dəyər verildiyinə şahidlik edir.

**Nəticə.** Baxmayaraq ki, gimnasiumların qədim dövrün məşhur memarı Vitruvi tərəfindən təqdim edilən sxem və təsviri, tapılmış bu cür tikililərin qalıqları ilə üst-üstə düşmür, onlar yenə də gimnasiumların planlaşdırılması haqqında kifayət qədər dəqiq təsəvvür yaradırlar. Bundan başqa, Pompeydə çox gözəl qorunub saxlanan klassik dövr yunan palestralarının nümunəsi əsasında tikilən qladiator kazarmaları sonuncular haqqında təsəvvür yaratmağa imkan verir. Qədim gimnasiumlar bizim dövrümüzdə qədər öz ilkin vəziyyətində saxlanılmayıb. Yunanıstanın klassik və Roma dövrlərində onların hamısı əhəmiyyətli dəyişikliklərə məruz qalmışdır.

Olimpiyadakı b.e.ə. V əsr gimnasiumuna daha çox qalereya, kolonada və palestrayla b.e.ə. III əsrdə tikilən gimnasium xarakterik olmuşdur. İkinəfli şərq qalereyasının uzunluğu (210,5m) stadiondakı qaçış yolunun uzunluğuna uyğundur; cənub qalereyası daha qısadır və kvadrat peristillə, qalereya və sütunlarla palestraya birləşir. Peristilin şimal tərəfində, iki portikin arasında geyinib-soyunmaq üçün dar məkan var idi. Əks tərəfdə gənclər üçün gimnastik zallar var idi. Şimal - qərb küncündə – çimmək üçün yer inşa edilmişdi.

Yaxşı saxlanmış gimnasiumlardan Prienedəki aşağı gimnasiumu xatırlamaq olar. Gimnasium Roma dövründə tikilmişdi, stadion və qaçış yarışları üçün örtülü qalereyayla vahid bir tamlıq təşkil edir. Gimnasium qədim palestraların nümunəsi əsasında, yəni Dorida sütunları olan qalereyayla əhatə olunmuş düzbucaqlı peristil şəklində inşa edilmişdir. Qalereyanın şimal tərəfində bir neçə örtülü məkan yerləşirdi ki, bunlardan ən böyüyü – efəbi İoniya sütunlarıyla peristildən ayrılmışdı. Miletada ellinistik dövrdə (b.e.ə.II əsr) tikilmiş gimnasium Prienedəki gimnasiumu xatırladır, fərq yalnız ondadır ki, onlardan sonuncusu simmetrikdir. Peristilin sütunları – Dorida və yalnız eksedraların üstündə damı saxlayan daha yüksək şimal hissəsi İoniya üslubundadır.

**İstinadlar**

1. Александров, П. А., Гераскин, Н. С., и др. (1962). Основы архитектурного проектирования общественных зданий. Московский арх. институт, каф. «Архитектурный проект общественных зданий». Гос. изд. литер. по строит., архит. и строит. материалам.
2. Михайлов, Б. П., и др. (1958). Всеобщая история архитектуры. Институт теории и истории архитектуры и строительной техники. Гос. издат. литер. по строит. материалам.
3. Госстройиздат СССР. (1959). Правила и нормы планировки и застройки городов (СН 41-58).
4. Госстройиздат СССР. (1958). Нормы проектирования спортивных сооружений (стадионы и спортивные залы) (СН 16-58).
5. Академия архитектуры СССР. (1949). Справочник архитектора, том VII, Второй полутом. Раздел «Спортивные сооружения».
6. Поликарпов, В. П. (1948). Проектирование спортивных сооружений (справочное пособие). Академия архитектуры СССР.
7. Гричина, М. Г. (1957). Стадионы. Госстройиздат УССР.
8. Зверинцев, С. П., & Нестеров, С. А. (1935). Физкультурные сооружения. Издание НКПТ СССР.
9. Институт градостроительства и архитектуры. (1959). Спортивные сооружения. Издание «Аркадия».
10. Ортнер, Р. (1958). Спортивные сооружения. Госстройиздат СССР.
11. İsbatoğlu, İ. A. (2014). Böyük Bakın Regional İnkıřaf Planı ( mumi plan): İzahat yazısı. Bakı Dövlət Layihə İnstitutu.
12. Нагиев, Н. Г. (2011). Современное градостроительство Азербайджанской Республики. Təhsil iřçisi mətbəəsi MMC.
13. Нагиев, Н. Г., & Гусейнов, Ф. М. (2013). История архитектуры Азербайджана. V том: Современная история архитектуры Азербайджанской Республики. Şərq-Qərb N sriyyat evi.
14. Фатуллаев, Ш. С. (1986). Градостроительство и архитектура Азербайджана XIX – начала XX века. Академия наук Азерб. ССР, Институт архитектуры и искусства. Стройиздат, Ленинградское отделение.

**References**

1. Aleksandrov, P. A., Geraskin, N. S., et al. (1962). Fundamentals of architectural design of public buildings. Moscow Architectural Institute, Department of Public Building Design. State Publishing House for Construction, Architecture, and Building Materials.
2. Mikhailov, B. P., et al. (1958). World history of architecture. Institute of Theory and History of Architecture and Construction Technology. State Publishing House for Construction Materials.
3. Gosstroyizdat USSR. (1959). Rules and norms for planning and development of cities (SN 41-58).
4. Gosstroyizdat USSR. (1958). Design standards for sports facilities (stadiums and sports halls) (SN 16-58).
5. Academy of Architecture of the USSR. (1949). Architect's Handbook, Volume VII, Second Half-Volume. Section "Sports Facilities".
6. Polikarpov, V. P. (1948). Design of sports facilities (reference manual). Academy of Architecture of the USSR.
7. Grichina, M. G. (1957). Stadiums. Gosstroyizdat of the Ukrainian SSR.
8. Zverintsev, S. P., & Nesterov, S. A. (1935). Physical culture facilities. Published by the People's Commissariat for Heavy Industry of the USSR.
9. Institute of Urban Planning and Architecture. (1959). Sports facilities. Arkadia Publishing House, Warsaw.
10. Ortner, R. (1958). Sports facilities. Gosstroyizdat USSR.
11. İsbatoğlu, I. A. (2014). Regional development plan of Greater Baku (General Plan): Explanatory report. Baku State Design Institute.

12. Nagiyev, N. G. (2011). Modern urban planning of the Republic of Azerbaijan. Təhsil İşçisi Printing House.
13. Nagiyev, N. G., & Huseynov, F. M. (2013). History of architecture of Azerbaijan. Volume V: Contemporary architectural history of the Republic of Azerbaijan. Printed at Sharq-Qarb Publishing House.
14. Fatullayev, Sh. S. (1986). Urban planning and architecture of Azerbaijan in the 19th and early 20th centuries. Academy of Sciences of the Azerbaijan SSR, Institute of Architecture and Art. Stroyizdat, Leningrad Branch

*Məqaləyə istinad: Nağıyev, N. H., Əliyeva, N. E., & Kərimov, H. V. (2025). Qədim dövrdə idman tikililərinin memarlığı və yaranma tarixi. Elmi Əsərlər/Scientific Works, 1, 58-64*

*For citation: Naghiyev, N. H., Aliyeva, N. E., & Karimov, H. V. (2025). The architecture and emergence history of sport buildings at ancient times. Elmi Əsərlər/Scientific Works, 1, 58-64*

Redaksiyaya daxil olma/Received 20.09.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 20.12.2024

.

.

## ЭКО-ОЗЕЛЕНЕНИЕ – ВНЕДРЕНИЕ ПРИРОДЫ В УРБАНИЗИРОВАННУЮ ГОРОДСКУЮ СРЕДУ

**Гасанова Айбениз Ашаф гызы** – доктор архитектуры, проф., кафедра Ландшафтная архитектура, АзАСУ, [aybaniz.hasanova8@gmail.com](mailto:aybaniz.hasanova8@gmail.com)

**Аннотация.** Эко-озеленение городов становится неотъемлемой частью устойчивого развития и создания комфортной среды для жизни в современных городах. В условиях быстрого роста городов и загрязнения окружающей среды становится первоочередной задачей создание зеленых зон, использование экологически чистых технологий с привлечением общественности к вопросам охраны природы. Эко-озеленение направлено на улучшение качества жизни, восстановление природного баланса и создание устойчивых экосистем внутри городов. Экологические аспекты формирования городской среды в городе Баку» являются актуальными, особенно с учетом быстрого роста населения, урбанизации и необходимости устойчивого развития города.

**Ключевые слова:** ландшафт, урбанизм, город, озеленение, "карманные парки", вертикальное озеленение, эндемические растения, эко-озеленение, экология

## ECO-GREENING – INTRODUCING NATURE INTO THE URBAN ENVIRONMENT

**Gasanova Aybeniz Ashaf** – doctor of arc., prof., department of Landscape architecture, AzUAC, [aybaniz.hasanova8@gmail.com](mailto:aybaniz.hasanova8@gmail.com)

**Abstract.** Eco-greening of cities plays a crucial role in sustainable development and enhancing the livability of modern urban environments. With rapid urbanization and increasing environmental pollution, creating green spaces, adopting eco-friendly technologies, and fostering public engagement in environmental issues have become top priorities. Eco-greening aims to improve quality of life, restore natural balance, and establish sustainable urban ecosystems. This article, “Ecological Aspects of Urban Environment Formation in Baku,” is particularly relevant given the city’s rapid population growth, urbanization, and pressing need for sustainable development.

**Keywords:** landscape, urbanism, city, landscaping, pocket parks, vertical gardening, endemic plants, eco-greening, ecology

**Введение.** Ландшафтный урбанизм опирается на идею о том, что лучший метод организации современного городского пространства— это формирование городского ландшафта. Этот термин впервые употребил молодой австралийский дизайнер Питер Коннолли. В своей проектной работе, он писал о том, что «...город будущего будет в первую очередь бесконечным комплексом ландшафтов, в том числе психологических и эмоциональных. Градостроительство будет лишь малой частью этих всеобщих ландшафтов, формирующих новый индивидуальный мнемос» [4].

Ландшафт современного города отражает и как живой организм объединяет все разнообразие и противоречивость происходящих в нем процессов. Естественное расширение городских территорий и возрастание технологических возможностей преобразования природы сделали привычным изменение ландшафта города и его окружения. Особенно это проявляется в том, что из городской среды постепенно исчезает природная составляющая, т.е. озеленение, замещаясь на мощение и асфальтирование любых свободных мест, исключая возможность существования многих растений. По мере нарастания темпов урбанизации в крупных городах качество жизни людей все в большей степени определяется степенью сохранения компонентов природной среды.

**Методология.** В наши дни одной из важных проблем, является формирование в современных городах агрессивной, некомфортной для восприятия среды. В последнее время появляется много данных о негативном воздействии эко загрязнения на физиологическое и психологическое состояние человека в крупных урбанизированных городах. Эти проблемы возможно решить частично средствами ландшафтной архитектуры.

По статистическим данным для человека, проживающего в городе, очень важно видеть в окружающей визуальной среде природные зрительные элементы. Доля природных зрительных элементов не должна быть ниже 20-30 %, а оптимальным значением для формирования нормального психоэмоционального фона является 50 % [1, 2,]. Факт, что одним из лучших способов сформировать комфортную визуальную среду и увеличить в ней долю природных зрительных элементов является озеленение не подлежит сомнению. Однако в современном городе элементы озеленения уходят, т.к. требуют больших затрат на создание и содержание зеленых насаждений в условиях повышенной антропогенной нагрузки, высокой плотности пешеходного и автомобильного движения и связанного с этим сокращения мест для растений [3].

В современном городе озеленение служит главной цели – заботе о здоровье населения, создании комфортных условий для проживания и отдыха, а также выполняет эстетические функции. По существующим нормам свыше 50% всей городской территории должно быть занято зелеными насаждениями, а в жилых микрорайонах для них отводится до 70% площади.

Озеленение – важная составная часть общего комплекса градостроительного и городского хозяйства. Сады, парки, бульвары, скверы в значительной степени определяют планировочную структуру города, являются обязательными элементами его культурных ландшафтов, способствуют созданию наилучших санитарно-гигиенических и микроклиматических условий.

В этом плане Баку не является исключением, как и в других крупных городах, загрязнение воздуха остается одной из главных экологических проблем. Высокий уровень выбросов загрязняющих веществ связан с автомобильным транспортом, промышленными предприятиями и энергетическими источниками.

Город Баку сталкивается с проблемой дефицита зеленых зон, что снижает качество жизни горожан и ухудшает экологическую обстановку. В последние годы активно развиваются проекты по созданию и озеленению парковых зон, скверов и зеленых крыш. Эти мероприятия направлены на улучшение качества воздуха, создание комфортных условий для отдыха и повышение биологического разнообразия в городе. (рис.1,2,3)

Целью данной работы является выявление и применение адаптивных методов используя ландшафтные элементы в формировании и организации комфортной городской среды.



**Рисунок 1.** Центральный парк Баку, 2019 г



**Рисунок 2.** Площадь железнодорожного вокзала 2024 г



**Рисунок 3.** Озеленение кровли Port Baku Towers 2011 г

**Результаты.** Эко-озеленение Баку — это стратегия внедрения природных решений в городскую среду для улучшения экологической устойчивости и повышения качества жизни. С учётом климатических условий, имеющегося исторического наследия и особенностей городской застройки, экологическое озеленение в Баку может стать важным элементом формирования комфортной среды для жителей и гостей столицы.

Для улучшения экологической обстановки в Баку и создания психологического комфорта в городском пространстве предлагается:

**1. Создание природных "островков"** - малых зеленых зон мини-сады так называемые "карманные парки" устраиваемые в плотной городской застройке. Такие зеленые островки могут быть распределены по всему городу. (рис. 4)



**Рисунок 4.** Карманный парк на месте разрушенной церкви St Dunstan в Лондоне, Великобритания

2. Организация тенистых аллей в центре города с использованием эндемических деревьев, таких как шелковица, акация, восточный платан. Высадка лаванды и других декоративных кустарников вдоль улиц.

3. Вертикальное озеленение стен и фасадов зданий для улучшения микроклимата. Устройство «зелёных фасадов» и крыш для деловых и жилых зданий. Использование ампельных растений (лиан), которые легко растут в жарком климате. (рис. 5)



**Рисунок 5.** Вертикальное озеленение транспортных развязок

В условиях ограниченного пространства вертикальное озеленение становится важным инструментом. Вертикальные сады позволяют выращивать растения на фасадах зданий, улучшая внешний вид города и создают дополнительные зеленые пространства для отдыха, а также способствуют энергосбережению, уменьшая расходы на отопление и кондиционирование улучшая экологические условия.

4. Природные зоны оказывают благоприятное влияние на психоэмоциональное состояние жителей города. Исследования показывают, что пребывание в парках или просто вид природы способствует снижению стресса, улучшению настроения и повышению общей удовлетворенности жизнью.

**Выводы.** Эко-озеленение городов — это не только решение проблемы загрязнения окружающей среды, но и способ создания комфортной и здоровой среды для жизни. Процесс озеленения городов должен быть комплексным, с учетом потребностей населения и особенностей городской инфраструктуры. Внедрение экологически устойчивых решений требует усилий и сотрудничества всех участников: от местных властей и дизайнеров до самих жителей города.

Экологические аспекты формирования городской среды в Баку включают широкий спектр проблем, связанных с загрязнением, ресурсами, инфраструктурой и изменением климата. Осуществление комплексного подхода, включающего инновационные технологии, устойчивое развитие и повышение экологической осведомленности населения, поможет улучшить экологическую ситуацию и создать комфортные условия для жизни горожан.

В реализации эко-озеленения городов важную роль играют современные технологии. Внедрение автоматических систем полива, использование дождевых вод для орошения, а также применение инновационных материалов для создания "умных" зеленых объектов, таких как зеленые стены и крыши, помогает повысить эффективность и устойчивость таких проектов.

Несмотря на огромные преимущества, эко-озеленение городов сталкивается с рядом вызовов. Прежде всего, это недостаток финансирования и сложности в организации ухода за зелеными территориями в крупных мегаполисах. Также важную роль играет грамотное

планирование, чтобы создать эффективные и устойчивые экосистемы, которые не потребуют значительных затрат в будущем. Кроме того, необходимо изменение мышления горожан, которые должны понимать важность сохранения природы и активно участвовать в реализации экологических инициатив. Качественное озеленение — неотъемлемая составляющая благополучия города.

### Литераура

1. Дрягалова, Е. А. (2016). Влияние природных элементов в визуальной среде городских пространств на психоэмоциональное состояние человека. В Великие реки'2016: 18-й Международный научно-промышленный форум: труды научного конгресса (Том 3, с. 409-413). Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет.
2. Лаврова, О. П. (2017). Роль природных элементов в формировании комфортной визуальной среды урбанизированных территорий. В Великие реки'2017: 19-й Международный научно-промышленный форум: труды научного конгресса (Том 1, с. 218-222). Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет.
3. Лаврова, О. П. (2018). Природные зрительные элементы как важный фактор формирования комфортной визуальной среды урбанизированных пространств. Лесной вестник / Forestry Bulletin, 22(3), 133-141.
4. U-Renovate. (н.д.). Биоурбанистика, экоурбанистика и ландшафтный урбанизм: теории. Получено с [https://vk.com/@u\\_renovate\\_nso-biourbanistika-ekourbanistika-i-landshaftnyi-urbanizm-teorii](https://vk.com/@u_renovate_nso-biourbanistika-ekourbanistika-i-landshaftnyi-urbanizm-teorii)
5. Prostranstvo.Media. (н.д.). Биоурбанистика, экоурбанистика и ландшафтный урбанизм: теории здорового города. Получено с <https://www.prostranstvo.media/biourbanistika-jekourbanistika-i-landshaftnyj-urbanizm-teorii-zdorovogo-goroda/>

### References

1. Dryagalova, E. A. (2016). The impact of natural elements in the visual environment of urban spaces on the psycho-emotional state of a person. In Great Rivers'2016: 18th International Scientific and Industrial Forum: Proceedings of the Scientific Congress (Vol. 3, pp. 409-413). Nizhny Novgorod State Architectural and Civil Engineering University.
2. Lavrova, O. P. (2017). The role of natural elements in the formation of a comfortable visual environment in urbanized areas. In Great Rivers'2017: 19th International Scientific and Industrial Forum: Proceedings of the Scientific Congress (Vol. 1, pp. 218-222). Nizhny Novgorod State Architectural and Civil Engineering University.
3. Lavrova, O. P. (2018). Natural visual elements as an important factor in the formation of a comfortable visual environment in urbanized spaces. Lesnoy Vestnik / Forestry Bulletin, 22(3), 133-141.
4. U-Renovate. (n.d.). Biourbanistics, eco-urbanistics, and landscape urbanism: theories. Retrieved from [https://vk.com/@u\\_renovate\\_nso-biourbanistika-ekourbanistika-i-landshaftnyi-urbanizm-teorii](https://vk.com/@u_renovate_nso-biourbanistika-ekourbanistika-i-landshaftnyi-urbanizm-teorii)
5. Prostranstvo.Media. (n.d.). Biourbanistics, eco-urbanistics, and landscape urbanism: theories of a healthy city. Retrieved from <https://www.prostranstvo.media/biourbanistika-jekourbanistika-i-landshaftnyj-urbanizm-teorii-zdorovogo-goroda/>

*Məqaləyə istinad: Gasanova, A.A. (2025). Эко-озеленение – внедрение природы в урбанизированную городскую среду. Эلمي Əsərlər/Scientific Works, AzMIU, 1, 65-69*

*For citation: Gasanova, A. A. (2025). Eco-greening – introducing nature into the urban environment. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzUAC, 1, 65-69*

Redaksiyaya daxil olma/Received 20.09.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 20.12.2024

## **КОМПОЗИЦИЯ ГОРОДОВ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ В УСЛОВИЯХ ИХ РЕКОНСТРУКЦИИ**

**Нагиев Низами Гасан оглы** – доктор архитектуры, проф., кафедра Основы архитектуры, АзАСУ, [nizaminagiyeu@gmail.com](mailto:nizaminagiyeu@gmail.com)

**Керимов Идаят Виляят оглы** – доктор философии по архитектуре, доцент, кафедра Основы архитектуры, АзАСУ, [hidayat.vilayatoglu@inbox.ru](mailto:hidayat.vilayatoglu@inbox.ru)

**Джафарова Динара Тебриз** – ассистент, кафедра Основы архитектуры, АзАСУ, [dinarcafarova@mail.ru](mailto:dinarcafarova@mail.ru)

**Аннотация.** Для упорядочения архитектурно-пространственного построения городской застройки в условиях реконструкции основным является применение различных средств композиции. Реконструкция городов как созидательно-практическая деятельность имеет отношение ко многим научным дисциплинам. Специфика градостроительства заключается в том, что, являясь самостоятельной дисциплиной, она вместе с тем действует на стыке многих наук. Но градостроительство не только широкая область научных дисциплин. Это также и сфера искусства. В отдельных зданиях и сооружениях, в крупных ансамблях и, наконец, в застройке городов находят свое материальное выражение, своеобразную трактовку не только функциональные потребности, инженерно-технические и экономические возможности общества, но и его идейно-художественное мировоззрение и эстетические запросы. Как бы город ни был удобен для жизни и хорошо технически оснащен, он не может рассматриваться как полноценный организм, если его планировочно-пространственное построение не обладает архитектурно-художественными достоинствами, не отвечает эстетическим представлениям общества. К основным средствам композиции для установления пространственного порядка застройки города относятся метрические и ритмические построения, модульные и пропорциональные членения. К основным средствам организации городских пространств прибавляются дополнительные — в виде симметрических или асимметрических построений. Основные композиционные средства могут быть применены контрастно или нюансно в зависимости от архитектурно-пространственного замысла. Немаловажное, хотя и подсобное, значение для гармонизации отдельных частей застройки имеет введение цвета, окраска зданий и фактура строительного материала. В зависимости от тех или иных цветов (холодные или теплые, слабые или контрастные оттенки) меняется зрительное восприятие расстояний и пространств между зданиями, ощущение весомости или легкости.

**Ключевые слова:** реконструкция, градостроительство, искусство, отдельные здания, ансамбль

## **COMPOSITION OF CITIES OF THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN UNDER CONDITIONS OF THEIR RECONSTRUCTION**

**Naghiyev Nizami Hasan** – doctor of arch., prof., department of Fundamentals of architecture, AzUAC, [nizaminagiyeu@gmail.com](mailto:nizaminagiyeu@gmail.com)

**Kerimov Idayat Vilayat** – PhD in arch., ass.prof., department of Fundamentals of architecture, AzUAC, [hidayat.vilayatoglu@inbox.ru](mailto:hidayat.vilayatoglu@inbox.ru)

**Jafarova Dinara Tabriz** – assistant, department of Fundamentals of architecture, AzUAC, [dinarcafarova@mail.ru](mailto:dinarcafarova@mail.ru)

**Abstract.** The key factor in organizing the architectural and spatial structure of urban development during reconstruction is using various compositional techniques. Urban rebuilding, as a creative and practical activity, intersects with numerous scientific disciplines. While urban planning is an

independent field, it also draws from and integrates aspects of other sciences. Urban planning, however, is not solely a scientific discipline. It is also an artistic domain. Individual buildings, large ensembles, and entire cities express not only the functional needs, engineering capabilities, and economic conditions of society but also its artistic and ideological worldview, as well as its aesthetic demands. No matter how comfortable or technologically advanced a city may be, it cannot be considered complete if its spatial planning lacks architectural and artistic value or fails to meet the aesthetic expectations of society. The primary compositional tools for establishing spatial order in urban development include metric and rhythmic arrangements, modular systems, and proportional relationships. These compositional methods can be applied either in contrast or nuance, depending on the architectural and spatial concept. Additionally, colour, building materials, and texture play a significant, though often secondary, role in harmonizing individual parts of a building. Colour variations – whether cool or warm, subtle or bold – affect the visual perception of distance and space between buildings, as well as the sense of heaviness or lightness in the overall design.

**Keywords:** reconstruction, urban planning, art, individual buildings, ensemble

**Введение.** Город с его общественной и жилой застройкой, промышленными сооружениями, техническими 'устройствами и открытыми пространствами образует искусственно созданную материальную среду, которая должна отвечать как утилитарным, так и эстетическим запросам общества.

Реконструкция городов как созидательно-практическая деятельность имеет отношение ко многим научным дисциплинам. Специфика градостроительства заключается в том, что, являясь самостоятельной дисциплиной, она вместе с тем действует на стыке многих наук. Если процесс взаимопроникновения наук, столь характерный для нашего времени, происходит обычно в сфере родственных дисциплин (например, физика—химия—биология или археология — история — искусствоведение и т. д.), то градостроительство объединяет различные по своему профилю научные дисциплины. Здесь экономика соседствует с искусствоведением, техника с гигиеной, строительные материалы с ландшафтоведением и т. д. Поэтому в градостроительстве процесс взаимосвязей научных дисциплин, относящихся к реконструкции населенных мест, из-за разнообразия и неравномерности развития происходит в особо сложных условиях. Оценка состояния смежных наук, позволяющая наиболее правильно определить пути и перспективы развития градостроительства в целом, требует большой осведомленности в различных отраслях знания.

Но градостроительство — не только широкая область научных дисциплин. Это также и сфера искусства. В отдельных зданиях и сооружениях, в крупных ансамблях и, наконец, в застройке городов находят свое материальное выражение, своеобразную трактовку не только функциональные потребности, инженерно-технические и экономические возможности общества, но и его идейно-художественное мировоззрение и эстетические запросы.

**Методология.** Как бы город ни был удобен для жизни и хорошо технически оснащен, он не может рассматриваться как полноценный организм, если его планировочно-пространственное построение не обладает архитектурно-художественными достоинствами, не отвечает эстетическим представлениям общества. Но как бы ни был внешне красив и привлекателен город, он не может считаться законченным, если не предоставляет своим жителям необходимых удобств и не создает оптимальных гигиенических условий жизни. Вместе с улучшением материально-пространственной среды для различных жизненных и трудовых процессов должна совершенствоваться архитектурно-художественная сторона градостроительства.

В отличие от других видов искусства, архитектура и градостроительство не изображают, не отражают, а создают и преобразуют реальную действительность, обслуживая общество одновременно и в материальном, и в идеологическом отношении. Поэтому идейно-художественная образность в архитектуре выражается через пространственную структуру, технику, строительные материалы и конструкции. Этим единством утилитарного и эстетического определяется своеобразие творческой деятельности архитектора и отличие ее

от деятельности художника.

**Результаты.** Вместе с тем в современном городе все большее значение приобретают инженерные сооружения и технические устройства, далекие от традиционного представления об архитектуре. Они активно участвуют в формировании внешнего облика города, привнося в него современные черты и масштаб. Когда многочисленное и усложняющееся техническое оснащение, складываясь в крупные взаимосвязанные системы, охватывает весь город, обеспечивая его жизнедеятельность, оно не может не оказывать косвенного влияния на пространственную структуру как города, так и его отдельных частей.

Индустриальные методы возведения зданий и сооружений различного назначения сказываются на формировании городской застройки и внешнем облике города, с их помощью в кратчайшие сроки создаются большие и законченные части города. Создаются предпосылки и условия для формирования новых эстетических качеств застройки и благоустройства на основе соединения научного творчества, архитектурного искусства и технической эстетики.

Условием эстетической оценки технических сооружений и устройств является преобразование их конструктивной системы в тектоническую, к которой могут быть приложены эстетические критерии, характеризующие художественную форму. Но нужно помнить в этой связи, что идейное содержание архитектуры и ее стиль не вытекают непосредственно из техники и организации "строительного производства". Технические средства, которыми обладает человек в данное время, не следует отождествлять с художественными возможностями. Способы возведения зданий и сооружений различного назначения и организация производства строительных работ являются средствами осуществления архитектурных и градостроительных замыслов. Этим объясняется тот факт, что на протяжении веков при помощи одних и тех же технических средств на основе однообразных способов производства строительных работ воздвигались в разных странах и различных социальных условиях здания различного качества и художественно-стилевой направленности.

Если под планировочной структурой подразумевается общее построение города, определяемое в своей основе утилитарными целями и функциональными требованиями, то композиция города — это архитектурно-пространственный порядок согласованности частей города, определяющий его художественно-эстетическую целостность. Композиция города обусловлена функциональной структурой, но последняя, со своей стороны, в известной мере оказывает обратное воздействие на его композицию. Художественно-эстетическая выразительность городской застройки зависит<sup>4</sup> от степени совершенства композиции, использования таких средств пространственного упорядочения городской застройки, которыми можно добиться ярких индивидуальных, запоминающихся черт, отличающих данный город от других.

**Дискуссия.** К основным средствам установления пространственного порядка застройки города относятся метрические и ритмические построения, модульные и пропорциональные членения. В условиях эстетического освоения больших пространств применение этих средств имеет свои особенности в Азербайджанской Республике.

Метроритмическое построение в застройке отдельных районов города определяется расположением групп зданий или сооружений в каком-либо закономерном порядке. Нарушение гармонического соответствия простого или сложного ритмического строя приводит к снижению и даже потере художественных качеств.

Ритмические закономерности тесно связаны с установлением модульных и пропорциональных членений той или иной части городской застройки. В течение веков были разработаны различные системы пропорциональных соотношений. Многие из них приобрели новое значение, особенно в современных условиях при увеличении объемов многоэтажного строительства.

Единство ритма и модуля, наличие продуманных пропорциональных членений — основные средства гармонического построения современного архитектурного ансамбля. Устойчивость этих средств объясняется тем, что в них отражаются объективные

закономерности. Так, например, ритмическая организация архитектурно-планировочных решений в своей основе исходит из жизненных процессов, перенесенных по мере их познания на творческую деятельность и постепенно превратившихся в одну из основных эстетических категории. Пропорциональные закономерности объективно присущи также природе и в результате длительного отбора стали использоваться в творческой деятельности как основа гармонической закономерности.

К этим основным средствам организации городских пространств прибавляются дополнительные — в виде симметрических или асимметрических построений. Полная симметрия в архитектурных ансамблях встречается сравнительно редко. Более часто применяются приемы асимметрических композиций, обусловленные градостроительными требованиями, а также связями с окружающей средой.

Основные композиционные средства могут быть применены контрастно или нюансно в зависимости от архитектурно-пространственного замысла. Контрастные соотношения применяются, когда необходимо резко выделить основное звено ансамбля. Нюансными соотношениями выражается постепенная, не всегда улавливаемая сразу последовательность перехода от одной группы застройки к другой.

Немаловажное, хотя и подсобное, значение для гармонизации отдельных частей застройки имеет введение цвета, окраска зданий и фактура строительного материала. В зависимости от тех или иных цветов (холодные или теплые, слабые или контрастные оттенки) меняется зрительное восприятие расстояний и пространств между зданиями, ощущение весомости или легкости.

Все эти качества пространственной организации городской застройки, вместе взятые, должны дать представление о ее масштабной соразмерности. Градостроительный масштаб — это соизмеримость величины городской застройки и открытых пространств улиц и площадей с человеком. При этом имеется в виду современный человек, вооруженный передовой техникой и пользующийся, в частности, всеми видами городского транспорта. Укрупнение планировки и застройки современных городов Азербайджана, таких как Гянджа, Сумгаит, Мингячевир и других, изменение способов и быстроты передвижения населения в них вызывают к жизни новые способы установления масштабных соотношений.

Перечисленные выше композиционные средства архитектурно-пространственного упорядочения городской застройки направлены на то, чтобы придать ей выразительность и своеобразный характер, облегчить ориентацию в пространстве города путем его расчленения на составляющие части. Умелое совместное использование всех средств пространственной выразительности служит условием повышения художественно-образных качеств планировки и застройки городов.

Критерии художественных качеств городской застройки не оставались чем-то застывшим и стабильным, а изменялись вместе с развитием истории и культуры страны и народа, выделяя на каждом историческом этапе те новые качества архитектуры и градостроительства, которые в наибольшей степени отвечали изменяющимся условиям общественной жизни.

Если отдельные части города и группы зданий могут иметь законченное композиционное построение, то город в целом представляет собой сложное образование, которое непрерывно развивается, изменяется и обновляется с социальным прогрессом и повышением уровня производительных сил общества. Чем более разобщены отдельные части города, чем дальше простирается его застройка, тем сложнее организация пространственного и архитектурного единства города. В этом особенность композиционного построения и художественной оценки городской застройки по сравнению с отдельными зданиями или их группами.

Все композиционные средства гармонизации городской застройки могут произвести желаемый эффект лишь при условии тщательного учета особенностей зрительного восприятия в натуре, воздействия ракурсов и перспективных искажений.

Облик города складывается в результате визуального контакта между зрителем и окружающей пространственной средой, поэтому необходимо иметь ясное представление о

том, как композиционные замыслы будут восприниматься в натуре, в условиях реального пространства с учетом и в соответствии с законами и особенностями зрительного восприятия. Восприятие человеком природы далеко не однозначно. Оно исторически обусловлено, находится в постоянном развитии, определяется уровнем градостроительной культуры и связано с эстетическими критериями оценок, характерных для данной эпохи.

Физиология человеческого зрения такова, что далеко не всегда точно воспринимаются истинные размеры объектов городской застройки и их пространственное положение. Изображение на сетчатке глаза несовершенно и корректируется не осознаваемой нами работой мозга. В этом проявляется способность человека к восприятию окружающей действительности во всей ее сложности и многообразии. Он нуждается в правильном представлении о предметах, а не в правильных оптических изображениях. Опираясь на практический опыт и знания, мы воспринимаем знакомые формы, искаженные перспективными сокращениями, такими, какие они есть на самом деле, т. е. корректируем оптические искажения логическим мышлением. Все это имеет особое значение в условиях зрительного восприятия больших пространств.

Аналитические знания и практический опыт помогают свести множественность объектов в обобщенные группы, а разнообразные частные впечатления — в целостный внешний облик. То или иное представление о целом получается, как сложное соединение непосредственных впечатлений с предшествующим жизненным опытом. Четкость и правильность зрительного восприятия зависит от изменения условий обозрения (удаление, поворот, ракурс). Точность зрительных оценок зависит от субъективных причин (благоприятное окружение, способствующее облегчению сравнений и оценок, активность восприятия и т. д.). В каждом случае при определении условий обозрения отдельных частей города, в зависимости от пространственного охвата застройки, необходимо предвидеть, насколько правильно будет восприниматься после перенесения в натуру проектное решение, зафиксированное в чертежах и макетах. При этом должны приниматься во внимание условия видимости зданий в зависимости от их удаленности, которая определяется углом зрения. Так, например, при угле  $45^\circ$  можно ясно видеть детали здания, но его общий объем воспринимается фрагментарно. При удаленности, определяемой углом зрения  $18\text{—}27^\circ$ , ясность восприятия деталей постепенно теряется, зато общий объем здания виден все более четко. Наконец, при еще большей удаленности здание воспринимается в сочетании с окружающим пространством, т. е. в системе ансамбля. Следует уточнить, что соотношение угла зрения и характера восприятия имеет значение для сравнительно небольшой высоты. При восприятии высотных зданий вступают в силу другие закономерности и критерии. Но во всех случаях нужно различать условия зрительного восприятия зданий из одной зафиксированной точки и в движении, направленном перпендикулярно зданию или параллельно ему.

Если при обозрении отдельного здания мы пользуемся преимущественно зафиксированными, наиболее благоприятными видовыми точками зрения и совершаем обход его в поисках этих точек, то обширные пространства городской застройки одним взглядом охватить невозможно. Она воспринимается во времени и в определенной последовательности. Очередность, быстрота или замедленность восприятия имеют немаловажное значение для того, чтобы составить представление о городе или о его отдельных частях. Весьма важно связать характер восприятия застройки со способом передвижения зрителя, идущего пешком или пользующегося тем или иным видом транспорта, вплоть до скоростного. Скорость, т. е. преодоление пространства в одну и ту же единицу времени, существенно отражается на характере восприятия городской застройки, на смене впечатлений и продолжительности обозрения отдельных объектов.

Условия зрительного восприятия городской застройки во время движения находятся в зависимости от траектории и последовательности передвижения относительно объекта восприятия. Все это нужно учитывать при расположении высотных зданий, формирующих силуэт города.

Восприятие в движении, связанное с использованием транспортных средств, нельзя

понимать слишком упрощенно. Дело не только в том, чтобы учитывать условия видимости городской застройки через окна быстро движущейся автомашины или автобуса, фиксируя на ходу беглые впечатления от нее. Быстрое перемещение на механическом транспорте по обширному пространству города дает возможность соединить в одном впечатлении застройку различных далеко расположенных один от другого участков и, следовательно, получить от города целостное впечатление. Нужно иметь в виду не только случайные, разовые передвижения, но и деловые, пешеходные и транспортные перемещения по определенным, постоянно повторяющимся маршрутам (обозрение достопримечательных мест, движение демонстраций, местное передвижение внутри жилого района, трудовые поездки).

Городская застройка — это не только объект восприятия, объемно-пространственная картина, контрастный силуэт, живописная панорама или чередование композиционных акцентов. За условностями чертежа и макета никогда не следует утрачивать ощущение действующего человека и забывать, что городская застройка — это прежде всего его жизненная среда. Облик города и его отдельных частей не может формироваться без людей, населяющих городские пространства, действующих среди архитектурных объемов, использующих эти объемы и пространства для своих повседневных дел и занятий. Человек является главным мерилем того, насколько застройка и пространственная среда удобны, совершенны, красивы и хорошо зрительно воспринимаемы.

Человек активно осваивает городскую среду. Восприятие им города имеет избирательный характер. Мы фиксируем внимание на том, что нас интересует, и игнорируем случайное и нехарактерное. Длительное или прерывистое непосредственное восприятие городской застройки, перемежающееся с прежними ассоциациями и впечатлениями, в той или иной степени входит в обобщенное представление об облике города. Наконец, времена года и смена суточного режима, воздушная среда, погода, состояние атмосферы, ограничивающее видимость, эффекты солнечного освещения — все это корректирует условия восприятия и не может быть не принято во внимание.

Говоря о выборочном характере восприятия, нельзя ориентироваться на индивидуальные особенности и многочисленные случайности. Внимание должно быть обращено на те черты, которые возбуждают однородные реакции у целых групп населения. Важны не индивидуальные различия, а обобщающие впечатления, позволяющие выявить те закономерности восприятия, которые могут быть отнесены к общественному человеку.

Показателями положительных качеств городской пространственной среды, ее своеобразия и эстетической ценности являются легкость пространственной ориентации, ясное представление о планировочной структуре, возможность усвоения отдельных частей городской среды в увязке их с целым. Выявление характерных узлов городской застройки является условием гармонического взаимодействия между человеком и окружающей его средой. Неожидаемость, случайность могут иметь место и вызывать положительную реакцию лишь в рамках понятной и легко усваиваемой пространственной системы города или его крупных частей.

**Заключение.** Городские здания и сооружения, обслуживающие человека в сфере труда, быта, общественной деятельности и отдыха, имея характерные архитектурно-художественные черты и составляя пространственно выразительные группы, могут быть носителями идейно-образного начала, выражаемого через пространственную структуру, тектонику, строительные материалы и конструкции. Единством утилитарного и эстетического определяется своеобразие творческой деятельности архитектора, отличающейся от деятельности художника в области изобразительных искусств.

Следует отметить, что художественно-эстетические понятия — «облик» города и его «образ» — нередко отождествляют или смешивают, в то время как между ними есть качественные отличия. Но было бы тщетной и методически бесплодной задачей искать резко очерченные разделительные рубежи между внешним обликом города и его художественной образностью. Здесь можно уловить только оттенки, зыбкие грани, значительно меняющиеся в различные исторические эпохи. Во всяком случае было бы неправильным относить понятие

«облик» к низшей, а «образ» к высшей ступени архитектурно-пространственной организации городской застройки. Здесь мы имеем дело не с эволюционным рядом, развивающимся от низшего к высшему, а с различными смысловыми категориями, сосуществующими, но не заменяющими друг друга.

Заметного улучшения качества градостроительных решений можно добиться только тогда, когда будет найдено правильное взаимоотношение человека во всем многообразии его поведения с архитектурно-пространственной, жизненной средой.

Говорить о городе как об органическом целом можно в том случае, если все его составляющие части приведены в гармоническое единство и образуют в совокупности то, что определяется обобщающим понятием «архитектура города».

## Литература

- 1.Бочаров, Ю. П., & Кудрявцев, О. К. (1972). Планировочная структура современного города. Изд. Литературы по строительству.
- 2.Бретаницкий, Л. С., & Саламзаде, А. В. (1973). Архитектура Советского Азербайджана. Изд. Литературы по строительству.
- 3.Смоляр, И. М. (1972). Новые города (планировочная структура городов промышленного и научно-производственного профиля). Издательство Литературы по строительству.
- 4.Лавров, В. А. (1972). Реконструкция крупных городов (методическое пособие для проектировщиков). ЦНИИПИ по градостроительству. Изд-во Литературы по строительству.
- 5.Нагиев, Н. Г. (2011). Современное градостроительство Азербайджанской Республики. Издательство «Təhsil işçisi mətbəəsi» MMC.
- 6.Нагиев, Н. Г., & Гусейнов, Ф. М. (2013). История архитектуры Азербайджана. Современная история архитектуры Азербайджанской Республики. V том. Издательский дом «Шарг-Гарб».
- 7.Фатуллаев, Ш. С. (1986). Градостроительство и архитектура Азербайджана XIX начала XX века. Стройиздат.

## References

- 1.Bocharov, Y. P., & Kudryavtsev, O. K. (1972). Urban planning structure of the modern city. Publishing House of Literature on Construction.
- 2.Bretanitsky, L. S., & Salamzade, A. V. (1973). Architecture of Soviet Azerbaijan. Publishing House of Literature on Construction.
- 3.Smolyar, I. M. (1972). New cities (urban planning structure of industrial and scientific-production cities). Publishing House of Literature on Construction.
- 4.Lavrov, V. A. (1972). Reconstruction of large cities (methodological manual for designers). Central Scientific Research Institute for Urban Planning. Publishing House of Literature on Construction.
- 5.Nagiyev, N. G. (2011). Modern urban planning of the Republic of Azerbaijan. Publishing House "Təhsil işçisi mətbəəsi" MMC.
- 6.Nagiyev, N. G., & Guseynov, F. M. (2013). History of architecture of Azerbaijan. Contemporary history of architecture of the Republic of Azerbaijan. Volume V. Publishing House "Sharq-Garb".
- 7.Fatullayev, Sh. S. (1986). Urban planning and architecture of Azerbaijan in the 19th and early 20th centuries. Stroyizdat.

*Məqaləyə istinad: Nağıyev, N. G., Kerimov, I. V., & Jəfərova, D. T. (2025). Kompozitsiya şəhərləri Azərbaycan Respublikasında onların yenidənqurulması şəraitində. Elmi Əsərlər /Scientific Works, 1, 70-76*

*For citation: Naghiyev, N. H., Kerimov, I. V., & Jafarova, D. T. (2025). Composition of cities of the Republic of Azerbaijan under conditions of their reconstruction. Elmi Əsərlər/Scientific Works, 1, 70-76*

Redaksiyaya daxil olma/Received 20.09.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 20.12.2024

İNŞAAT



СТРОИТЕЛЬСТВО

CONSTRUCTION

<http://doi.org/10.58225/sw.2025.1-77-82>

## NONLINEAR PUSHOVER ANALYSIS OF PRESTRESSED CONCRETE BEAM

**Bashirzade Seymur Razim**- PhD, department of Civil engineering, Akdeniz University, [srbashirzade@gmail.com](mailto:srbashirzade@gmail.com)

**Ozcan Okan Okan**- Dr., prof., department of Civil engineering, Akdeniz University

**Bashirzade Sanan Razim**- Transport construction engineering, Master's Center, AzUAC

**Abstract.** This study investigated nonlinear pushover analysis of prestressed concrete beam using the DIANA FEA (Finite Element Analysis ) software that embraces 1D, 2D, and 3D modeling methodologies. In engineering structures, the use of prestressed concrete is indispensable because it remarkably enhances the load-carrying capacity by imposing precompression that reduces tensile stresses, which can lead to cracking and deflection. Study investigates the behavior of prestressed concrete beams, focusing on load-displacement relationship and crack propagation. A case study examined the accuracy of the numerical simulations with respect to the empirical results by comparing different modeling methodologies using experimental studies from a case study performed earlier. The research also points out that tendon configuration, prestress magnitude, and concrete durability are some of the main factors that determine the beam functionality. The results show that there is good agreement between the experimental data and numerical predictions for all three modeling approaches (1D, 2D, and 3D) in representing the load-displacement characteristics and the mechanisms of crack initiation, which represents the reliability of numerical models in predicting the structural response. This research will contribute to better decision making regarding modeling techniques and, consequently, help provide better structural integrity and safety in engineering projects.

**Keywords:** Prestressed Concrete, nonlinear analysis, finite element analysis (fea), modeling techniques, DIANA FEA, concrete, post-tensioned concrete, pushover analysis

## GƏRGİNLƏŞDİRİLMİŞ BETON TİRİN QEYRİ-XƏTTİ STATİK ANALİZİ

**Bəşirzadə Seymur Razim**- t.ü.f.d, Mülki mühəndislik kafedrası, Akdeniz Universiteti, [srbashirzade@gmail.com](mailto:srbashirzade@gmail.com)

**Özcan Okan Okan** - Professor, Mülki mühəndislik kafedrası, Akdeniz Universiteti

**Bəşirzadə Sənan Razim** - Nəqliyyat tikintisi mühəndisliyi, Magistratura mərkəzi, AzMİU

**Xülasə.** Bu tədqiqat gərginləşdirilmiş beton tirlərin DIANA FEA (Sonlu Elementlər Analizi) proqramından istifadə edərək, mühəndislikdə geniş tətbiq olunan qeyri-xətti statik analizini araşdırmışdır. Tədqiqatda, gərginləşdirilmiş beton tirlərinin davranışı, xüsusilə yük və deformasiya arasındakı əlaqə, eləcə də çatların necə yayıldığı öyrənilmişdir. Gərginləşdirilmiş beton, əvvəlcədən tətbiq edilən sıxılma nəticəsində dartılma gərginliklərini azaldır və bununla da çatlama və əyilmə ehtimalını minimuma endirərək strukturun daşıma qabiliyyətini artırır. Tədqiqat çərçivəsində, 1D, 2D və 3D modelləşdirmə üsulları müqayisə edilmiş və onların dəqiqliyi eksperimental məlumatlarla uyğunlaşdırılaraq qiymətləndirilmişdir. Tədqiqat göstərmişdir ki, tendonların quruluşu, əvvəlcədən tətbiq edilən gərginlik dərəcəsi və betonun dayanıqlılığı tirlərin funksional effektivliyinə təsir edən əsas amillərdəndir. Nəticələrə görə, hər üç modelləşdirmə yanaşması (1D, 2D və 3D) yük və deformasiya arasındakı əlaqəni və çatların yaranma prosesini düzgün şəkildə təsvir edir. Bu, rəqəmsal

modellərin struktur davranışını dəqiq proqnozlaşdırmaq üçün etibarlı olduğunu göstərir. Bu araşdırma, mühəndislərin modelləşdirmə üsullarını seçərkən daha düzgün qərarlar qəbul etməsinə kömək edəcək və nəticədə struktur təhlükəsizliyinin və davamlılığının təmin edilməsinə töhfə verəcəkdir.

**Açar sözlər:** Gərginləşdirilmiş beton, qeyri-xətti təhlil, sonlu elementlər metodu (fea), modelləşdirmə texnikaları, DIANA FEA (Sonlu Elementlər Analizi), beton, sonradan gərginləşdirilmiş beton, qeyri-xətti statik təhlil.

**Introduction.** Prestressed concrete is a major element in several engineering structures including bridges, skyscrapers, and marine applications. The principal advantage of this technique lies in the process of prestressing, which enhances the capacity of the concrete to support the tensile stresses that would otherwise have caused serious cracking and deflection. Prestressed concrete members can obtain superior performance and durability owing to the application of a predetermined compressive force for a certain purpose before service loads are applied. The method developed at the beginning of the 20th century by French Engineer Eugène Freyssinet became one of the signature elements of modern civil engineering, evolving with improvements in materials, design codes, and numerical methods. [1,2].

FEA is considered to be one of the most universal methodologies for prestressed concrete beams, both in academic circles and in industrial practice. This includes the availability of sophisticated FEA tools, such as Diana FEA, capable of detailing the complex interactions that occur between prestressing tendons and concrete material. According to Zienkiewicz et al. (2005), FEA is a computational method for solving problems that can be formulated with the help of differential equations; hence, nonlinear behaviors such as cracking, plasticity, and creep are easily simulated using this analysis method [3]. Breña and MacGregor (2003) observed that through numerical modeling, it is possible to obtain a proper appreciation of the mechanism through which stress transfer develops between tendons and concrete, especially around anchorage regions where large concentrations of stresses occur [4]. Yapar et al. (2015) employed FE to model concrete beams with several prestress levels and tendon configurations and concluded that the program could precisely predict both crack formation and maximum failure load [5].

**Methods.** This notwithstanding the fact that numerical analyses have gained widespread application in studies related to prestressed concrete beams. There are still distinctive gaps in the literature because so many studies relate to static loading conditions, while few studies on extreme or dynamic conditions exist, such as seismic or blast loads. Furthermore, fully comparative studies need to be conducted on numerical models with different dimensional approaches using 1D line elements, 2D shell models, and 3D solid models. All of these bear majorly on the accuracy with regard to the way stress is distributed, how cracks propagate, and how the beam behaves as a whole. The present study attempts to fill some of the existing gaps by carrying out an extensive numerical analysis of a prestressed concrete beam using Diana FEA. Various modelling methodologies (1D, 2D, and 3D) are considered in the investigation to test their effectiveness in predicting the behavior of the beam under different loading scenarios. These results will be compared with the test results already obtained and sensitivity studies conducted to ascertain the effect of key factors, such as tendon geometry, magnitude of prestress, and concrete strength, on beam performance. The comparison approach in this regard will provide further insight into both the strengths and limitations of each analysis method.

Within the context of case study analysis and based on extended empirical research data, an important experiment was conducted by Tao and Do in 1985 [6], discussed at length in the PhD thesis written by Bashirzade [7]. The results of their research provided valuable information about the behavior of prestressed concrete beams under different loading types. This thesis carefully reanalyzed the experimental results of Tao and Du, underlining aspects such as tendon arrangement, concrete strength, and the load-deflection relationship. Experimental data in those studies were adopted in the present research to verify the accuracy of each numerical model in Diana FEA-1D, 2D, and 3D, with the aim that numerical simulations are able to capture real behavior, thereby enhancing the robustness of the parametric analysis. [8,9].

**Case study.** Tao et Du (1985) investigated the flexural strength of unbonded and bonded tendons in partly prestressed concrete beams as a function of prestressed reinforcement strengthening. From both experimental and analytical perspectives, twenty-two unbonded and four bonded partly prestressed concrete beams were assessed [6]. The test results indicated that the analytical and experimental data were similar. The ultimate strain of the unbonded tendons was estimated using the following empirical equation. This study uses the moment-acrylic Nonlinear pushover analysis method to develop analytical programs to improve the stress increase in tendons in the final boundary state, because the plane section assumption cannot be applied to the strain of unbonded tendons in prestressed concrete beams under loading. The test parameters included the loading type, non-prestressed reinforcement ratio, prestressed reinforcement ratio, and span-height ratio. The results of these tests, referred to as “A9” beam in the literature, were examined for DIANA modeling in this study [10].

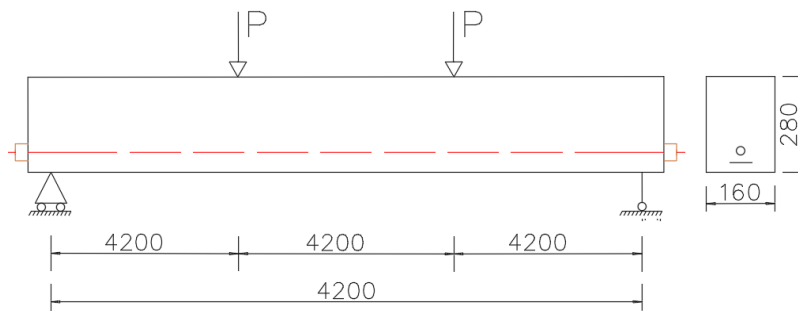


**Fig. 1.** Experimental loading model (Tao & Du, 1985)

Different loading strategies and failure mechanisms have been investigated in this study. For the concrete and embedded reinforcement, finite element models were developed using 1D line elements, 2D elements, and solid or plane stress elements. Total Strain Crack models were used to simulate concrete, and nonlinear studies were conducted until failure. The concrete model was modeled with exponential softening in tension and Hognestad curve behavior during compression [11] (Fig. 2 a,b). All reinforcements and prestressed tendons were modeled as embedded with adherence-slip reinforcement [12,13]. The material model was based on Von Mises plasticity with linear plastic hardening based on experimental properties. The main purpose of these analyses is to verify the experimental tests as much as possible, using detailed finite element models and advanced nonlinear procedures.

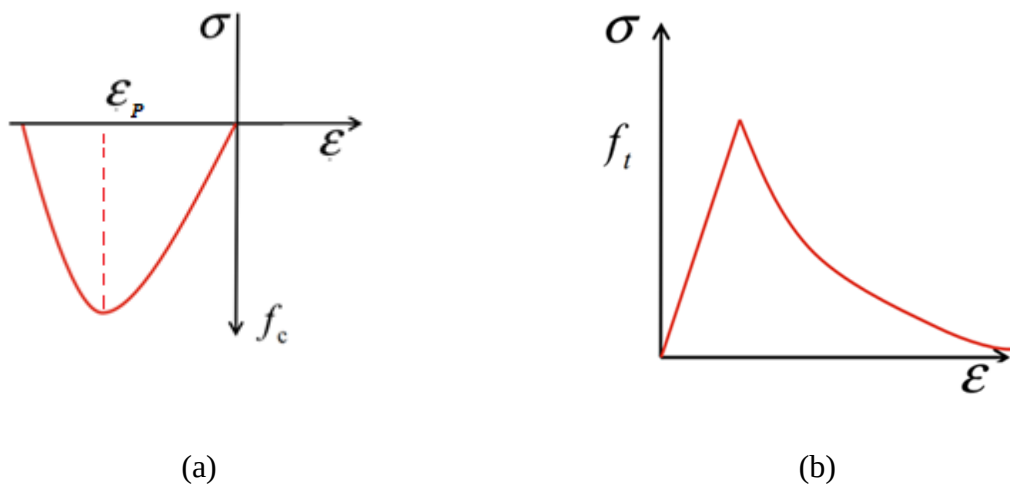


**Fig. 2.** Concrete compression (a) and tension (b) curve

The material parameters were considered to properly represent the behavior of the beams under the loading conditions. The concrete material was modeled as a nonlinear isotropic material with a maximum compressive strength of 33.1 MPa. Stress-strain curves were used to account for nonlinear behavior. The concrete model accounted for the consequences of cracking and crushing as the load was increased. The unbonded tendon prestress after the loss was set to 920 MPa. These tendons are crucial for strengthening the beams, decreasing the impact of tensile loads, and regulating fracture development. The numerical models also contained non-prestressed reinforcements. The area of the nonprestressed reinforcement was 804 mm<sup>2</sup>, which contributed to the total tensile strength of the beams. The yielding strength of the prestressed reinforcement was 1108 MPa and that of the non-prestressed reinforcement was 395 MPa. To evaluate the load-displacement behavior, an FE model was built using 1D line, 2D shell, and 3D solid elements corresponding to the concrete and bar elements to represent the post-tensioned tendon and non-pre-stressed reinforcement. The modeled tendon was unbonded to the surrounding concrete.

**Analysis strategy.** During the analysis phase, the prestressed concrete beam was subjected to incremental point loads until it failed. Three modeling techniques (1D, 2D, and 3D elements) were used to investigate the characteristics of the load-displacement behavior. The numerical models were subjected to 100 increments of point loads with a factor of 2.5 imposed at each step to evaluate the load-displacement behavior. The applied loads were increased progressively until the beams failed. The initial linear-elastic range of the beam response was established by a linear connection between the applied load and deflection, followed by nonlinear behavior owing to the fracture initiation and propagation. The arc length control (updated normal plane approach) was set to follow the response path using automated load step scaling. The Newton-Raphson method, with a maximum of 25 iterations and a line search approach, was used to ensure stability and efficiency. If convergence was not obtained within the maximum number of iterations, the analysis proceeded, ensuring a rigorous evaluation of the load-displacement response of the beams until failure. The accuracy and dependability of the validated numerical models in forecasting the structural behavior of reinforced concrete beams under various loading scenarios were validated by comparing them with experimental data. The capacity of the models to effectively reflect the complicated fracture initiation and propagation mechanisms within the beams was proven by the continuous agreement between experimental and numerical data.

**Results and Discussion.** The analysis of prestressed concrete beam using various modeling approaches (1D, 2D, and 3D solid elements) provided significant details on their load-displacement behavior as well as crack initiation and propagation processes. When the load-displacement curve from practical testing was compared to the numerical simulations, a high degree of agreement was observed, verifying the reliability and precision of the numerical models in presenting the complex behavior of the prestressed concrete beam (Fig. 3). The numerical approach accurately predicted the structural reaction of a beam under loading. In the load-displacement graphs, both experimental and numerical data showed comparable behaviors. A linear relationship between the applied load and deflection was observed in the early linear-elastic range, as predicted for the entire beam. The Load-displacement curves showed this nonlinearity, suggesting the start of deterioration within the beams.

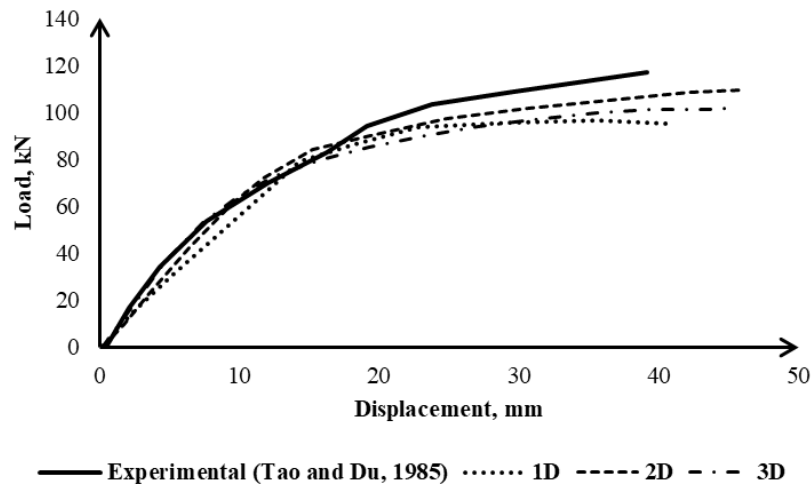


**Fig. 3.** Load-displacement curves of prestressed concrete beam

The numerical models accurately predicted the critical load levels at which the cracks occurred and propagated throughout the beam (Fig. 4.). The crack propagation locations and patterns of the experimental and numerical simulations were similar, confirming the capacity of the numerical model to accurately represent cracking behavior.

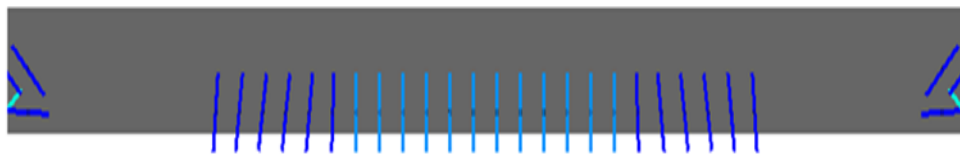


**Fig.4.** Crack distribution at failure in numerical model of prestressed concrete beam

The results of this study contribute significantly to our understanding of prestressed concrete beam analyses. The verified numerical models may be used as reliable resources in subsequent designs and analyses, enabling more precise predictions of the load-displacement response of prestressed concrete beams under loading conditions. In conclusion, the numerical analysis based on Tao and Du's (1985) study employing 1D, 2D, and 3D solid element models successfully captured the load-displacement behavior as well as crack initiation and propagation processes in prestressed concrete beams. The strong agreement between the experimental and numerical results confirmed the reliability of the numerical approach and provided critical insights for the design and analysis of prestressed concrete beams in real engineering applications.

**Conclusion.** In this study, an elaborate Nonlinear pushover analysis of a prestressed concrete beam was performed. To perform this test, the DIANA FEA software was utilized using 1D, 2D, and 3D elements in the modeling. The research followed up on the failure that occurred in the beam, while studying in detail the correlation between crack formation and load-displacement. These results showed that the 1D, 2D, and 3D models matched well with the experimental data; the closest approximations were from the 3D model. Additionally, during the failure phase, all three models yielded similar results. From this observation, it follows that any of the three models can provide sufficiently consistent results in a wide analysis of prestressed concrete beams. Therefore, these analyses can be used to enable better and more informed decision making regarding the choice of modeling techniques in engineering design.

## References

1. Collins, M.P., & Mitchell, D. (1991) Prestressed Concrete Structures Prentice Hall
2. Naaman, A.E. (2012) Prestressed Concrete Analysis and Design: Fundamentals (3rd ed.) Techno Press 3000
3. Zienkiewicz, O.C., Taylor, R.L., & Zhu, J.Z. (2005) The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals (6th ed.) Butterworth-Heinemann
4. Breña, S.F., & MacGregor, J.G. (2003) Anchorage zone reinforcement for post-tensioned concrete girders ACI Structural Journal, 100(3), 311-320
5. Yapar, O., Basu, P. K., & Nordendale, N. (2015) Accurate finite element modeling of pretensioned prestressed concrete beams Engineering Structures, 101, 163-178  
<https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2015.07.018>
6. Tao, X., & Du, G. (1985) Ultimate stress of unbonded tendons in partially prestressed concrete beams PCI Journal, 30(6), 72-91
7. Bashirzade, S. (2024) Ard Germeli Segmental Açık Deniz Yapıların Tasarımı (PhD dissertation) Akdeniz University Graduate School of Natural and Applied Sciences  
<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.23036.14728>
8. Bashirzade, S., Ozcan, O., & Cagdas, I. U. (2024) Internal force transfer in segmental RC structures Research on Engineering Structures & Materials, 1-24  
<http://dx.doi.org/10.17515/resm2024.146st0109rs>
9. Seymur, B., Okan, O., & Garibov, R. (2023) Assessment of circular prestressing impact on Condeep platform storage reservoirs via mechanical principles Эксперт: теория и практика, (4 (23)), 29-35  
[https://doi.org/10.51608/26867818\\_2023\\_4\\_29](https://doi.org/10.51608/26867818_2023_4_29)
10. Ferreira, D., & Manie, J. (2022) DIANA —Finite Element Analysis: DIANA Documentation—Release 10.4 DIANA FEA BV
11. Ferreira, D. (2013) A model for the nonlinear, time-dependent and strengthening analysis of shear critical frame concrete structures (PhD thesis, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona Tech)
12. Doğru, E. (2019) Paslanmaya maruz kalmış betonarme kirişlerin eğilme etkisi altında FRP ile güçlendirilmesi (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü)
13. Гарибов, Р., Гаджиева, У., & Баширзаде, С. (2018) К вопросу об оценке безопасности и долговечности проектируемых железобетонных конструкций Вестник Волжского регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук, (21), 160-164
14. Bashirzade, S. R., Lipin, A. A., Hajiyev, M. A., Garibov, R. B., Ozcan, O. O., & Aliyev, R. D. (2024). Fire Resistance of Offshore Concrete Structures. SOCAR Proceedings No.4 (2024) 079-084.  
<http://dx.doi.org/10.5510/OGP20240401021>

*Məqaləyə istinad: Bəşirzadə, S.R., Ökan, O.O., & Bəşirzadə, S.R. (2025). Əvvəlcədən gərginləşdirilmiş beton tirin qeyri-xətti statik təhlili. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzMIU, 1, 77–82*

*For citation: Bashirzade, S. R., Ozcan, O. O., & Bashirzade, S. R. (2025). Nonlinear pushover analysis of prestressed concrete beam. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzUAC, 1, 77-82*

Redaksiyaya daxil olma/Received 5.9.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 5.11.2024

<http://doi.org/10.58225/sw.2025.1-83-89>

## POSANIN MİQDARI VƏ QARIŞDIRMA İNTENSİVLİYİNİN ÇUQUNUN SAFLAŞDIRILMASINA TƏSİRİNİN TƏDQIQI

**Həsənli Ramiz Kamandar**- t.e.n., dosent, Metallurgiya və materiallar texnologiyası kafedrası, Azərbaycan Texniki Universiteti, hasanli\_dr77@mail.ru

**Xülasə.** Bu tədqiqatda, posanın miqdarının və maye metalın qarışdırılma intensivliyinin çuqunun kükürdsüzləşmə və fosforsuzlaşma proseslərinə təsiri öyrənilmişdir. Nəticələr göstərir ki, 1,6% posanın tətbiqi yüksək kükürdsüzləşmə və bir qədər də fosforsuzlaşma təmin edir. Həmçinin, qarışdırma intensivliyi kükürdsüzləşməni sürətləndirir və metalın dərin kükürdsüzləşməsini daha tez əldə etməyə imkan yaradır. Əlavə olaraq, CaO ovuntusuna 10% CaCl<sub>2</sub> əlavə edildikdə, posanın istifadə əmsalı artır.

**Açar sözlər:** metal, posa, qarışdırma intensivliyi, oksidləşdirici, kükürdsüzləşmə, fosforsuzlaşma, saflaşdırma

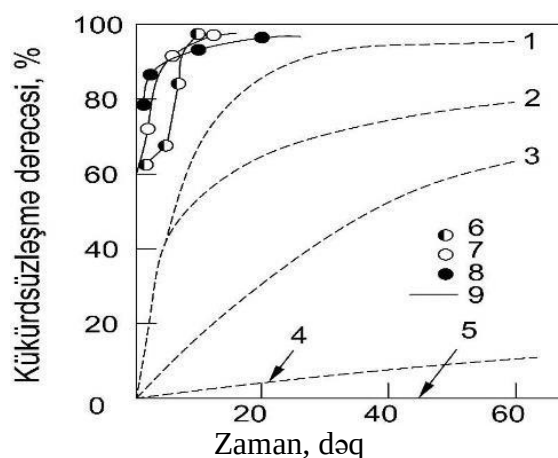
## INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE AMOUNT OF PITCH AND THE INTENSITY OF MIXING ON THE REFINING OF CAST IRON

**Hasanli Ramiz Kamandar**- PhD in tech.sc., ass. prof., department of Metallurgy and materials technology, Azerbaijan Technical University, hasanli\_dr77@mail.ru

**Abstract.** This study investigates the effect of slag amount and mixing intensity on the desulfurization and dephosphorization processes of molten pig iron. The results show that the application of 1.6% slag provides high desulfurization and a slight improvement in dephosphorization. Furthermore, mixing intensity accelerates desulfurization and allows for faster achievement of deeper desulfurization. Additionally, when 10% CaCl<sub>2</sub> is added to CaO powder, the slag utilization coefficient increases.

**Keywords:** metal, slag, mixing intensity, oxidizing agent, desulfurization, dephosphorization, refining

**Giriş.** Bu tədqiqatda metalın kükürdsüzləşmə dərəcəsinə posanın miqdarı və maye metalın qarışdırılma intensivliyinin təsiri öyrənilib. Təcrübələrdə həmçinin, Takadanın (Yaponiya) tədqiqatları ilə müqayisəli məlumatlar təqdim olunub.



**Şəkil 1.** Posanın miqdarının və tərkibinin kükürdsüzləşmə dərəcəsinə təsiri:

1 – 0,5%CaC<sub>2</sub> + 0,5%CaF<sub>2</sub>; 2 – 0,5%CaC<sub>2</sub> + 0,5%CaCl<sub>2</sub>;

3 – 0,5%CaC<sub>2</sub>; 4 – 2,5%CaF<sub>2</sub>; 5 – 2,5%CaCl<sub>2</sub>;

6 – 2,25%CaO+0,25%CaCl<sub>2</sub>; 7 – 0,53%CaO + 1,07%CaCl<sub>2</sub>; 8 – 8,3%CaO + 16,7%CaCl<sub>2</sub>; 9 – Takadanın məlumatları üzrə

Alınmış nəticələr onu göstərir ki, 1,6% posanın oturdulması yüksək kükürdsüzləşməni və bir qədər də fosforsuzlaşmanı təmin edir. Habelə, qarışdırma da kükürdsüzləşməni sürətləndirir və metalın dərin kükürdsüzləşməsini daha tez təmin etməyə imkan verir. Bununla yanaşı, CaO ovuntusuna 10% CaCl<sub>2</sub> əlavə edildikdə posanın istifadə əmsalının xeyli artırması faktı da diqqəti cəlb edir. Fosforsuzlaşdırmanın başlanğıc sürəti, metalda fosforun konsentrasiyasına təxminən mütənasibdir. Fosforsuzlaşdırma reaksiyasının sürət əmsalı  $K_p$  aşağıdakı tənliklə təyin olunur:

$$n_p = K_p(A/V)[\%P](W/M_p), \quad (1)$$

burada A – posa-metal fazalararası səthin sahəsi, sm<sup>2</sup>; V – metalın həcmi, sm<sup>3</sup>;  $K_p$  – sürət əmsalı, sm/s;  $n_p$  – başlanğıc sürətin qiyməti, mol/s.

Bu qiymətlər fosforsuzlaşdırma ayrılmasının xətti sahələrində alınmışdır. Aşağıda kükürdsüzləşdirmə sürətinin eksperimental və müxtəlif oksidləşdiricilər üçün qiymətləri verilmişdir (cədv. 1).

**Cədvəl 1.** Kükürdsüzləşdirmə sürətinin müxtəlif oksidləşdiricilər üçün eksperimental qiymətləri

| Göstəricilər | FeO   | CaCO <sub>3</sub> | MnO <sub>2</sub> | CaSO <sub>4</sub> | Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> |
|--------------|-------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------------------------------------|
| $K_p$ , sm/s | 0,009 | -                 | 0,016            | 0,020             | 0,035                                           |
| $C_i$ , mol  | 0,070 | 0,050             | 0,058            | 0,037             | 0,013                                           |
| $\xi_i$      | 0,14  | 0,10              | 0,23             | 0,29              | 0,38                                            |
| $E_i$ (V)    | 0,33  | 0,56              | 0,66             | 0,62              | 0,80                                            |

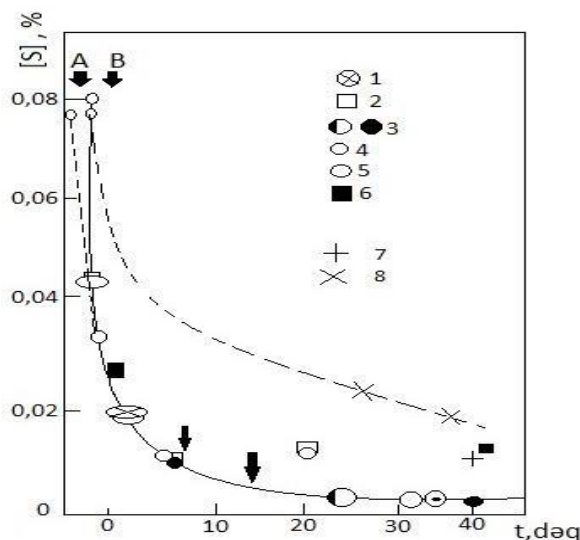
**Metodologiya.** Kükürdsüzləşmənin sürəti, oksidləşdiricilərin sürəti ( $\xi_i$ ) kimi həmin sırada yerləşir. Onlar, gözləniləndiyi kimi, oksidləşdiriciyə xas olan oksidləşdiricilik qabiliyyətini səviyyələndirən, onun standart elektrod potensialının  $E_i$  dəyişmələrini göstərir. 1550-1600°C temperatur intervalında CaO–SiO<sub>2</sub>–FeO sistemli posalarda Kavainin əməkdaşları ilə birlikdə [2] aldığı fosforsuzlaşma sürətinin əmsalları da analoji şəkildə hesablanmışdır.

$$\text{CaO/SiO}_2 = 0,6 \text{ (18\%CaO, 35\%Fe}_{\text{üm}})$$

ilə posa üçün fosforsuzlaşma sürətinin əmsalı  $3 \cdot 10^{-3}$  sm/s, CaO/SiO<sub>2</sub>=1,7 (35% CaO, 33% Fe<sub>üm</sub>) ilə, posa üçün isə fosforsuzlaşma sürətinin əmsalı  $42 \cdot 10^{-3}$  sm/s təşkil etmişdir. Analoji göstəricilər barədə [3] işin müəllifləri məlumat vermişlər. Reaksiya sürətinin əmsalları temperaturun, CaO konsentrasiyasının və oksidləşdiricinin böyüməsi ilə artır.

Bizim tədqiqatlarda aldığımız fosforsuzlaşma sürətinin əmsalları bəzi işlərdə [3,4] alınmış məlumatlarla müqayisədə 5 dəfə böyükdür. Fərz etmək olar ki, onların tədqiq etdiyi ərinti – posa sistemində oksigen potensialının ( $K_p$ ) daha yüksək qiymətləri bunun əsas səbəbi olmuşdur.

Vaxtdan asılı olaraq kükürdün konsentrasiyasının dəyişməsi şəkil 2-də verilmişdir. Göründüyü kimi reaksiyanın sürət əmsalı  $K_s$  kükürd və əhəngin başlanğıc konsentrasiyalarının və posanın miqdarının artması, habelə maye metal–posa fazalararası səthdə PO<sub>2</sub>-nin azalması ilə yüksəlir.



**Şəkil 2.** 1350°C-də kükürdsüzləşməyə posanın tərkibinin təsiri:

1 – 20CaO - 70CaCl<sub>2</sub> - 10MnO; 2 – 30CaO - 60CaCl<sub>2</sub> - 10MnO;

3 – 33,3CaO - 66,7CaCl<sub>2</sub> (15 və ya 5q MnO<sub>2</sub>);

4 – 28,3CaO - 66,7CaCl<sub>2</sub> - 5SiO<sub>2</sub> (15 və ya 5q MnO<sub>2</sub>);

5 – 33,3CaO - 66,7CaCl<sub>2</sub> [5q Fe<sub>3</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>]; 6 – 33,3CaO - 66,7CaCl<sub>2</sub> (5q CaSO<sub>4</sub>);

7 – 33,3Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> - 66,7CaCl<sub>2</sub> (5q MnO<sub>2</sub>); 8 – 33,3Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> - 66,7MgF<sub>2</sub> (5qMnO<sub>2</sub>)

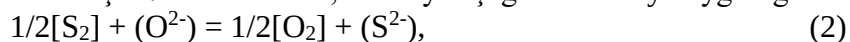
33,3 CaO-66,7CaCl<sub>2</sub> tərkibli posada K<sub>s</sub> əmsalının qiyməti  $9 \cdot 10^{-3}$  sm/s təşkil edir. Bu, qarışdırma olmadıqda, CO-nun ayrılması hesabına baş vermişdir. Lakin qarışdırma olduqda, K<sub>s</sub> əmsalı  $43 \cdot 10^{-3}$  sm/s təşkil edir.

**Yekun fikirlər.** Əsasi metallurji posa ilə karbonla doyurulmuş çuqunun kükürdsüzləşdirilməsi üzrə eksperimentlərdə 1550-1600°C temperaturalarda K<sub>s</sub>-in aşağıdakı qiymətləri alınmışdır: qarışdırma olmadıqda  $0,2 \rightarrow 16^{-3}$  [4], məcburi qarışdırma şəraitlərində  $75 \cdot 10^{-3}$  [5]; çuqun damcısının posa qabı vasitəsilə keçməsində  $40 \cdot 10^{-3}$  [6]; metala silisium verdikdə  $50 \cdot 10^{-3}$  [7].

Buradan nəticə çıxarmaq olar ki, CaO və CaCl<sub>2</sub>-dən ibarət olan posa ilə kükürdsüzləşmə sürəti, əsasi metallurji posa ilə təmin olunan sürəti xeyli üstələyir.

Fosforsuzlaşmadan fərqli olaraq, kükürdsüzləşdirmədə oksidləşdiricinin əlavə edilməsi prosesin sürətinin dəyişmələrinə gətirməmişdir. MgO-nun əlavə edilməsi ilə özlülüyün artması və Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-un əlavə edilməsi ilə azalmasına baxmayaraq, kükürdsüzləşmə sürəti praktiki olaraq sabit qalmışdır ( $23-26 \cdot 10^{-3}$  sm/s). Metal kütləsinin  $\frac{1}{4}$ -nə bərabər posanın kifayət qədər böyük miqdarında, hətta sulfatın oturdulması kükürdsüzləşmə sürətinə əhəmiyyətli təsir göstərməmişdir.

Mayələrin kükürdsüzləşdiricilik qabiliyyətini qiymətləndirmək üçün Finç və Riçardson [8] sulfid həcmi deyilən anlayış daxil etmişlər. Fərz edilir ki, reaksiya aşağıdakı tənliyə uyğun gedir:



burada sulfid həcmi

$$C_s = (P_{O_2}/P_{S_2})(\%S^{2-}). \quad (3)$$

Çuqunun kükürdsüzləşmə proseslərinə baxılan zaman, (3) tənliyinə  $\frac{1}{2}[O_2] = [O]$  və  $\frac{1}{2}[S_2] = [S]$  nisbətlərini daxil edərək, alırıq:

$$C_s = (R_s/R_o)(1/f_s)L_s^{a_0}, \quad (4)$$

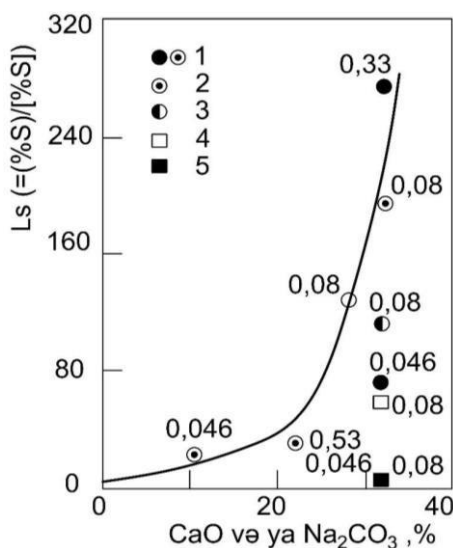
$$L_s = (\%S)/[\%S] = (P_{O_2}/P_{S_2})(C_s f_s/a), \quad (5)$$

burada R<sub>o</sub> və R<sub>s</sub> – uyğun olaraq  $\frac{1}{2}[O_2] = [O]$  və  $\frac{1}{2}[S_2] = [S]$  reaksiyalarının tarazlıq sabitləridir.

Posa-metal fazalararası səthdə oksigen potensialının artmasında kükürdün paylanma əmsalı  $L_s$  CaO-nun sabit konsentrasiyasında azalır, bu isə kükürdsüzləşməni çətinləşdirir. Şəkil 3də kükürdün paylanma əmsalı və CaO və ya  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -nun konsentrasiyası arasında qarşılıqlı əlaqə təqdim olunmuşdur. Buradan görünür ki,  $L_s$ -in qiymətləri CaO-nun konsentrasiyasının artması ilə böyüyür.

Bu halda böyümə sürəti 25% CaO-da kəskin artır, 33,3% CaO və 66,7%  $\text{CaCl}_2$ -dən ibarət olan posa üçün paylanma əmsalı 100-300 hədlərindədir. (4) tənliyinə uyğun olaraq, kükürdün paylanma əmsalı sulfid həcmi  $C_s$ , həm də oksigen potensialından  $P_{\text{O}_2}$  asılıdır. Məsələn, posaya hər hansı bir oksidləşdiricini daxil etmədən, eksperimentlərdən alınmış  $L_s$ -in qiyməti xüsusən böyük olmuşdur və 2000-ni üstələmişdir.

Qəbul etsək ki, şəkil 3-də təqdim olunan nəticələr tarazdırlar, onda CaO- $\text{CaCl}_2$  posasının sulfid həcmi qiymətləndirək.



**Şəkil 3.** 1350°C-də kükürdün paylanma əmsalı:

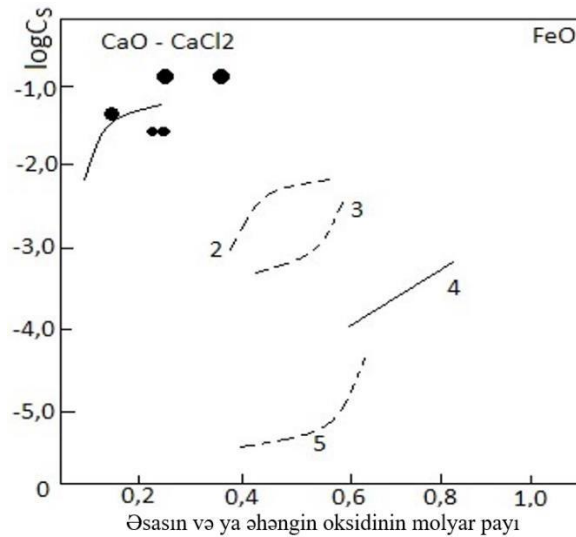
- 1 – CaO -  $\text{CaCl}_2$  (0,8-1,0%Mn); 2 – CaO -  $\text{CaCl}_2$  -  $\text{SiO}_2$ ;  
 3 – CaO -  $\text{CaCl}_2$  (4-11%Mn); 4 –  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  -  $\text{CaCl}_2$ ; 5 –  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  -  $\text{MgF}_2$

**Müzakirələr.** Posa-metal fazalararası səthdə oksidləşdirici potensial 10 eksperimentin gedişində manqanın metal fazada və posada konsentrasiyasına görə ölçmələrlə təxmini təyin olunmuşdur.

Bu halda  $\text{MnO}_2$ -nin miqdarı rentgenspektral analiz vasitəsilə müəyyən edilmişdir.

Posa-metal səthində  $P_{\text{O}_2}$ -nin qiymətini isə  $(\text{MnO}_2) = [\text{Mn}] + [\text{O}_2]$  tarazlığına görə hesablayırıq. 1350°C-də CaO və  $\text{CaCl}_2$ -dən ibarət posaların alınmış sulfid həcmi şəkil 4-də təqdim olunmuşdur. Belə ki, sulfid həcmi 10 dəqiqə saxlamadan sonra qərarlaşan, yəni əməli olaraq stasionar hala cavab verən şəraitdə, metalda kükürdün konsentrasiyasına görə hesablanmışdır.

Şəkil 4-də müqayisə üçün  $\text{CaF}_2$  və digər posa sistemləri üçün  $C_s$ -in qiymətləri göstərilmişdir [9]. Təqdim olunmuş məlumatlar göstərir ki, CaO –  $\text{CaF}_2$  və CaO –  $\text{CaCl}_2$  sistemləri, hətta CaO-nun aşağı konsentrasiyasında da çox yüksək sulfid həcmə malik olur.



**Şəkil 4.** Müxtəlif posaların sulfid həcmələrinin müqayisəsi:

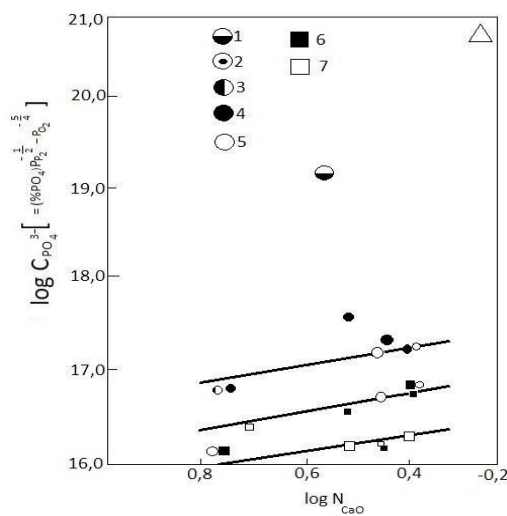
1- CaO - CaF<sub>2</sub>; 2- CaO - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - CaF<sub>2</sub>; 3- MnO - SiO<sub>2</sub>;  
4- CaO - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 5- CaO - SiO<sub>2</sub>

Vaqner [10]  $1/2[P_2] + 5/4[O_2] + 3/2(O^{2-}) = PO_4^{3-}$  reaksiyası üçün fosfat həcmi aşağıdakı tənliyin köməyi ilə təyin etmişdir:

$$CPO_4^{3-} = (\%PO_4^{3-})PP_2^{-1/2}PO_2^{-5/4} \quad (6)$$

Şəkil 5-də CaO-nun konsentrasiyasından asılı olaraq müxtəlif posaların fosfat həcmi təqdim olunmuşdur. Bu məlumatlar CaO-SiO<sub>2</sub>-FeO sistemi posalarının köməyi ilə metalın fosforsuzlaşması və refosforlaşması proseslərinin tədqiqi nəticəsində alınmışdır. O,  $10^{16}$ - $10^{18}$  hədlərində ölçülür. Eksperimental məlumatlar çox böyük səpələnməyə malik olsalar da, temperaturun azalması və NCaO artması ilə posaların fosfat həcmi artırması aydın izlənilir.

Şəkil 5-də  $\Delta$  işarəsi ilə polad və CaO-CaF<sub>2</sub>-Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub> tərkibli posa arasında fosforun taraz paylanması şərtinə görə hesablanmış fosfat həcmi dəyişməsi göstərilmişdir. Bu göstərici əsasi marten posası ilə müqayisədə  $10^3$  dəfə böyük alınır.



**Şəkil 5.** Müxtəlif posaların fosfat həcmi müqayisəsi:

1 – Ca - CaCl<sub>2</sub>, 1250°C; 2 – CaO - CaF<sub>2</sub> - Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>, 1600°C;  
3-7 – CaO - FeO - SiO<sub>2</sub> uyğun olaraq, aşağıdakı temperaturlarda, °C:  
1540; 1570; 1595; 1640; 1680

20% CaO və 80% CaCl<sub>2</sub>-dən ibarət posa və maye metal arasında fosforun müntəzəm paylanması şərtinə görə hesablanmış fosfat həcmi də həmin qrafikdə verilmişdir. Burada da fosfat həcmi CaO, SiO<sub>2</sub> və FeO-dan ibarət olan posa üçlüyünə nisbətən təxminən 10 dəfə yüksəkdir.

Şəkil 5-də göstəriləndiyi kimi, 20% CaO və 80% CaCl<sub>2</sub>-dən ibarət posanın istifadəsində xeyli refosforlaşma yer almışdır. Ona görə də, fərz etmək mümkündür ki, tərkibində >25% CaO olan posa daha yüksək fosfat həcmə malik olacaq və refosforlaşmanı söndürəcəkdir.

Beləliklə, maye metal və posa sistemində baş verən elektrokimyəvi proseslər əsasında eyni vaxtda çuqunun kükürdsüzləşmə və fosforsuzlaşmasına nail olmaq mümkündür.

Göstərilmişdir ki, çuqunun eyni vaxtda kükürdsüzləşdirilməsi və fosforsuzlaşdırılması, dəmir və manqan ionlarının bərpası kimi katod reaksiyalarının vəhdəti ilə mümkündür.

Müəyyən olunmuşdur ki, CaO-nun konsentrasiyasının artması ilə yaranan posanın özlülüyünün yüksəlməsi Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> və SiO<sub>2</sub>-nin aşqarları hesabına kompensasiya oluna bilər. CaO-CaCl<sub>2</sub> sistemi posalarının fosfat və sulfid həcmi qiymətləndirilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, bu göstəricilər adi posalarla müqayisədə xeyli yüksəkdir. CaO-CaCl<sub>2</sub> sistemi posaları çuqunun kükürdsüzləşmə və fosforsuzlaşma proseslərinə tətbiq etməklə, struktur və xassələri əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırmaq olar.

**Nəticə.** Müəyyən olunmuşdur ki, CaO və CaCl<sub>2</sub>-dən ibarət olan posa çox yüksək sulfid və fosfat tutumuna malikdir. Belə posanın özlülüüyü olduqca azdır və suyun özlülüyünə yaxındır ki, bu da reaksiyaların sürətlə getməsinə təmin edir. Belə posanın sulfid və fosfat tutumu CaO-nun konsentrasiyası artdıqca yüksəlir. Təklif olunan CaO–CaCl<sub>2</sub> tipli yeni posa sistemi çuqunəritmə posasının miqdarını minimuma endirməyə imkan verir ki, nəticədə də belə posa ətraf mühitin mühafizəsi, həm də enerji məsrəflərinin azaldılmasına şərait yaradır.

Təyin olunmuşdur ki, səmərəli fosforsuzlaşdırma aparmaq üçün maye çuqunda silisiumun miqdarı minimum olmalıdır. Tərkibində 30%-dən çox CaO olan maye posaya SiO<sub>2</sub>-nin oturdulması posanın özlülüyünü bir az da aşağı salır, azacıq Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ün oturdulması da analoji təsir göstərir. CaO-nun aşağı konsentrasiyasında posada oksidləşdiricinin miqdarını azaltdıqda, refosforsuzlaşma müşahidə olunur.

Maye metal və posa sistemində baş verən elektrokimyəvi proseslər əsasında eyni vaxtda çuqunun kükürdsüzləşmə və fosforsuzlaşmasına nail olmaq mümkündür. Çuqunun eyni vaxtda kükürdsüzləşdirilməsi və fosforsuzlaşdırılması, dəmir və manqan ionlarının bərpası kimi katod reaksiyalarının vəhdəti ilə mümkündür. Müəyyən olunmuşdur ki, CaO-nun konsentrasiyasının artması ilə yaranan posanın özlülüyünün yüksəlməsi Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> və SiO<sub>2</sub>-nin aşqarları hesabına kompensasiya oluna bilər.

CaO-CaCl<sub>2</sub> sistemi posalarının fosfat və sulfid həcmi qiymətləndirilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, bu göstəricilər adi posalarla müqayisədə xeyli yüksəkdir. CaO-CaCl<sub>2</sub> sistemi posaları çuqunun kükürdsüzləşmə və fosforsuzlaşma proseslərinə tətbiq etməklə, struktur və xassələri əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırmaq olar.

## İstinadlar

1. Takada, S., Nakanishi, K., Nakamura, H., & Ejima, A. (2017). Tetsuto-Hafane, 63, 118.
2. Kawai, Y., Doi, S., & Mori, K. (2017). Ibid, 63, 391.
3. Aratani, F., & Sanbongi, K. (2012). Ibid, 58, 1217.
4. Ashizuka, M., & Ontani, M. (2015). Senken İno, 31, 71.
5. Chang, L., & Çoldman, K. M. (2018). Traus AIME, 176, 309.
6. İshil, K., Kishimoto, S., & Yoshii, C. (2011). Proceeding ICSTIS, Suppe, Traus ISIJ, 11, 506.
7. Frohberg, N. C., Nilas, A., & Kapper, M. L. (2011). Ibid, 11, 495.
8. Fincham, C. J. B., & Richardson, F. D. (2014). Proc. R. Soc. A, 233, 40.
9. Abrahani, K. P., & Richardson, F. D. (2020). JISI, 196, 313.
10. Wagner, C. (2015). Met. Traus, 613, 405.

**References**

1. Takada, S., Nakanishi, K., Nakamura, H., & Ejima, A. (2017). Tetsuto-Hafane, 63, 118
2. Kawai, Y., Doi, S., & Mori, K. (2017). Ibid, 63, 391
3. Aratani, F., & Sanbongi, K. (2012). Ibid, 58, 1217
4. Ashizuka, M., & Ontani, M. (2015). Senken İno, 31, 71
5. Chang, L., & Çoldman, K. M. (2018). Traus AIME, 176, 309
6. İshil, K., Kishimoto, S., & Yoshii, C. (2011). Proceeding ICSTIS, Suppe, Traus ISIJ, 11, 506
7. Frohberg, N. C., Nilas, A., & Kapper, M. L. (2011). Ibid, 11, 495
8. Fincham, C. J. B., & Richardson, F. D. (2014). Proc. R. Soc. A, 233, 40 9. Abrahani, K. P., & Richardson, F. D. (2020). JISI, 196, 313 10. Wagner, C. (2015). Met. Traus, 613, 405.

*Məqaləyə istinad: Həsənli, R. K. (2025). Posanın miqdarı və qarışdırma intensivliyinin çuqunun saflaşdırılmasına təsirinin tədqiqi. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzMIU, 1, 83-89*

*For citation: Hasanli, R. K. (2025). Investigation of the influence of the amount of pitch and the intensity of mixing on the refining of cast. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzUAC, 1, 83-89*

Redaksiyaya daxil olma/Received 16.10.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 16.12.2024

<http://doi.org/10.58225/sw.2025.1-90-93>

## Fe-Si-C TƏRKİBLİ AMORF LENT NÜMUNƏLƏRİNİN MEXANİKİ XASSƏLƏRİNİN KRİSTALLİK ANALOQLARI OLAN ELEKTROTEKNİKİ POLADLARLA (Fe-Si) MÜQAYİSƏLİ TƏHLİLİ

**İsayeva Aida Əjdər qızı**- f.ü.f.d. Fizika və kimya kafedrası, AzMİU, isayeva\_aida86@mail.ru  
**Şamilov Təbriz Qaraca oğlu**- f.ü.f.d. dosent, Fizika və kimya kafedrası, AzMİU, invar59@mail.ru  
**Əhmədov Valik İbrahim oğlu** - f.ü.f.d. dosent, Fizika və kimya kafedrası, AzMİU,  
valik.ahmadov@gmail.com

**Xülasə.** Bu məqalədə Fe-Si-C tərkibli amorf lentlərin mexaniki xassələrinin onların ənənəvi kristallik Fe-Si (elektrotexniki polad) analoqları ilə müqayisəsi aparılır. Fe-Si-C lentlərinin yüksək möhkəmlik, elastiklik və korroziyaya davamlılıq kimi xüsusiyyətlər göstərdiyi aşkar edilmişdir. Eyni zamanda, amorf strukturun materialın mexaniki dayanıqlığına müsbət təsir göstərdiyi və kristallaşma prosesinin başlanğıcı ilə əlaqəli risklərin azaldılması təhlil edilir. Bu tədqiqat, Fe-Si-C lentlərin kristallik analoqları üzərində üstünlüklərini vurğulayaraq, bu materialların elektrotexniki tətbiq sahələrində istifadəsi perspektivlərini genişləndirir.

**Açar sözlər:** amorf lent, kristal materiallar, elektrotexniki polad, mexaniki xassələri

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF FE-SI-C AMORPHOUS RIBBON SAMPLES WITH THEIR CRYSTALLINE COUNTERPARTS, ELECTRICAL STEELS (FE-SI)

**Isayeva Aida Ajdar** - PhD, department of Physics and chemistry, AzUAC, isayeva\_aida86@mail.ru  
**Shamilov Tabriz Garaja** - PhD, department of Physics and chemistry, AzUAC, invar59@mail.ru  
**Ahmadov Valik Ibrahim** - PhD, ass. prof., Department of Physics and chemistry, AzUAC;  
valik.ahmadov@gmail.com

**Abstract.** This article compares the mechanical properties of Fe-Si-C amorphous ribbons with their traditional crystalline counterparts, Fe-Si (electrical steel). It has been found that Fe-Si-C ribbons exhibit characteristics such as high strength, elasticity, and corrosion resistance. Additionally, the amorphous structure positively affects the material's mechanical stability and reduces risks associated with the onset of crystallization. This study highlights the advantages of Fe-Si-C ribbons over their crystalline counterparts, expanding the prospects for the use of these materials in electrical engineering applications.

**Keywords:** amorphous ribbon, crystalline materials, electrotechnical steel, mechanical properties

**Giriş.** Bir sıra üstünlüklərə baxmayaraq, amorf lentlərin kövrəkliyi hələ problem olaraq qalır. Tədqiqatçılar [1-10] müşahidə etmişlər ki, dislokasiyalar və dənə sərhədləri kimi kristallik qüsurların olmaması möhkəmlik həddini artırsa da, elastikliyin azalmasına səbəb olur. Bu kövrəklik, elastiklik və zərbəyə davamlılığın tələb olunduğu tətbiqlərdə diqqətli davranmağı və nəzərə alınmanı tələb edir [11-17]. Fe-Si-C amorf lentlər 100-150 GPa diapazonunda elastiklik moduluna malikdirlər ki, bu da kristallik silisiumlu polada xas olan 200-210 GPa-dan aşağıdır. Belə aşağı elastiklik modulu mexaniki zərbələri deformasiya olmadan qəbul edə bilən materiallar tələb edən tətbiqlərdə faydalıdır.

Amorf lentlərin aşınma müqaviməti başqa bir maraq sahəsidir. Onların yüksək sərtliyi və dənə sərhədlərinin olmaması əla aşınma xüsusiyyətlərinin formalaşmasına kömək edir və onların aşındırıcı mühitlərdə istifadəsini mümkün edir. Bununla belə, onların çat əmələ gəlmə möhkəmliyi bir çox tətbiqlər üçün uyğun olsa da, kristallik materiallardan daha aşağıdır və müəyyən istifadələr üçün məhdudiyyətlər yaradır [18-21].

Ümumilikdə, Fe-Si-C əsaslı amorf lentlərdə mexaniki xassələrin unikal məcmusu həm imkanlar, həm də çətinliklər yaradır. Yüksək möhkəmlik və sərtlilik onları çoxsaylı tətbiqlər üçün cəlbədicidir, lakin kövrəklik və aşağı çat əmələ gəlmə möhkəmliyi dizayn və material seçiminə diqqətlə nəzərə alınma tələb edir.

Tədqiqatlar Fe-Si-C amorf lentlərinin müxtəlif sənaye və texnoloji tətbiqlərdə istifadəsini genişləndirmək üçün bu xüsusiyyətlərin optimallaşdırılmasına diqqət yetirməyi tələb edir.

**Fe-Si-C tərkibli amorf lentlərin mexaniki xassələrinin kristallik analoqları Fe-Si materiallarının mexaniki xassələri ilə müqayisəsi.** Fe-Si-C tərkibli amorf lentlərin mexaniki xassələrinin amorf quruluşun üstünlüklərini və məhdudiyyətlərini aydınlaşdırmaq üçün onların kristallik analoqları Fe-Si materiallarının mexaniki xassələri ilə müqayisə edilmişdir. Nəticələr aşağıdakı cədvəl şəklində verilmişdir:

Cədvəl 1.

| Xarakteristika            | Fe <sub>92</sub> Si <sub>6</sub> C <sub>2</sub> lent nümunəsi (ortalama) | Fe <sub>93</sub> Si <sub>6</sub> C <sub>1</sub> lent nümunəsi (ortalama) | Kristallik Fe-Si [4-9]                               |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| UTS (MPa)                 | 1200                                                                     | 1330                                                                     | 600                                                  |
| Sərtliyi (HV)             | 710                                                                      | 690                                                                      | 200                                                  |
| Qırılma zamanı uzanma (%) | 1,6                                                                      | 1,7                                                                      | 15                                                   |
| Elastik Modulu (GPa)      | 90                                                                       | 130                                                                      | 210                                                  |
| Elastiklik həddi (MPa)    | 894                                                                      | 968                                                                      | 250 -500 (tərkibinə və emal şərtlərinə görə dəyişir) |

Fe<sub>92</sub>Si<sub>6</sub>C<sub>2</sub> və Fe<sub>93</sub>Si<sub>6</sub>C<sub>1</sub> tərkibli amorf lentlərinin sərtlilik, elastiklik, möhkəmlik həddi və qırılma möhkəmliyi kimi bir neçə əsas amili nəzərə almaqla, öyrənilmiş mexaniki xassələrini onların kristallik Fe-Si analoqları ilə müqayisə edərək aşağıdakı nəticələrə gələ bilərik:

- Fe<sub>92</sub>Si<sub>6</sub>C<sub>2</sub> və Fe<sub>93</sub>Si<sub>6</sub>C<sub>1</sub> tərkibli amorf lentlər kristallik olmayan, nizamsız atom quruluşuna görə daha yüksək sərtlilik nümayiş etdirirlər, bu da kristal materiallarda mövcud olan dənə sərhədlərinin amorf materiallarda olmamasıdır. Dislokasiyaların və dənə sərhədlərinin olmaması plastik deformasiyanın baş verməsini çətinləşdirir. Kristallik Fe-Si materialları ümumiyyətlə amorf analoqları ilə müqayisədə daha aşağı sərtliyə malikdirlər. Kristal quruluşda dənə sərhədlərinin və dislokasiyaların olması daha asan plastik deformasiyaya imkan verir. Bu da, daha aşağı sərtliyə səbəb olur.

- Fe<sub>92</sub>Si<sub>6</sub>C<sub>2</sub> və Fe<sub>93</sub>Si<sub>6</sub>C<sub>1</sub> tərkibli amorf lentlər ümumiyyətlə daha az elastiklik nümayiş etdirir. Nizamsız quruluş materialın qırılmadan əvvəl plastik deformasiya qabiliyyətini məhdudlaşdırır və onları daha kövrək edir. Kristallik Fe-Si materialları dislokasiyaların kristal qəfəsdən keçmə qabiliyyətinə görə daha yüksək elastikliyə malikdir və bu qırılmadan əvvəl daha çox plastik deformasiyaya imkan verir.

- Fe<sub>92</sub>Si<sub>6</sub>C<sub>2</sub> və Fe<sub>93</sub>Si<sub>6</sub>C<sub>1</sub> tərkibli amorf lentlər kristal materiallarda gərginlik konsentratorları kimi çıxış edə bilən dənə sərhədləri və dislokasiyalar kimi struktur qüsurlarının olmaması səbəbindən daha yüksək möhkəmlik həddi nümayiş etdirə bilər. Kristallik Fe-Si ərintilərin möhkəmlik həddi əlverişli olsa da, ümumiyyətlə amorf lentlərin möhkəmlik həddindən kiçikdir. Dənə sərhədlərinin mövcudluğu və dislokasiya hərəkətinin mümkünlüyü, gərginlik altında daha əvvəl dağılmaya səbəb ola bilər.

- Fe<sub>92</sub>Si<sub>6</sub>C<sub>2</sub> və Fe<sub>93</sub>Si<sub>6</sub>C<sub>1</sub> tərkibli amorf lentlər daha aşağı qırılma möhkəmliyinə malikdirlər. Çat əmələ gəldikdən sonra materialın kövrəkliyi səbəbindən daha asan yayıla bilər. Kristallik Fe-Si materialları adətən daha yüksək qırılma möhkəmliyinə malikdirlər, çünki onlar qırılmadan əvvəl daha

çox plastik deformasiyaya məruz qala bilirlər. Dənə sərhədlərinin olması çatlaqların yayılmasının qarşısını almağa kömək edərək, möhkəmliyi artırır.

Beləliklə, aldığımız eksperimental məlumatlar və apardığımız təhlillər aşağıdakı nəticələrə gəlməyə imkan verir.

### Nəticələr

1. Fe-Si-C tərkibli amorf lentləri kristallik Fe-Si materialları ilə müqayisədə daha yüksək sərtliyə və möhkəmlik həddinə malikdirlər. Amorf lentlər daha kövrəkdirlər, elastiklikləri azdır və daha az qırılma möhkəmliyinə malikdirlər.
2. Kristallik Fe-Si materialların sərtliyi daha az olub, daha az möhkəmlik həddinə malikdir, lakin daha elastikdirlər. Bu da onlara daha böyük plastik deformasiyaya tab gətirməyə və amorf anoloqlarına nisbətən çatların yayılmasına daha yaxşı müqavimət göstərməyə imkan verir. Amorf materiallar möhkəmlik və sərtlik baxımından üstündür, kristallik materiallar isə elastiklik və möhkəmlik baxımından daha yaxşıdır.

### İstinadlar

1. Isayeva, A. Ə., Məmmədov, F. Ş., Musazadə, İ. V., Musayeva, S. M., & Əhmədov, V. İ. (2024). Fe-Si-C əsaslı maqnitumşaq amorf lentlərin ənənəvi kristallik Fe-Si (elektrotexniki polad) materiallarını əvəz etmə imkanları. *Международный научно-практический журнал, Endless Light in Science* (№ 2/2 extra), 15-21. <https://doi.org/10.24412/2709-1201-2024-8-15-21>
2. Abdullayev, A. P., Ahmadov, V. İ., Məmmədov, F. Ş., Rafiev, N. M., & Isayeva, A. Ə. (2024). Fe<sub>92</sub>Si<sub>6</sub>C<sub>2</sub> və Fe<sub>93</sub>Si<sub>6</sub>C<sub>1</sub> tərkibli amorf lent nümunələrinin alınması prosesinin optimallaşdırılması.
3. *Международный научно-практический журнал, Endless Light in Science* (№ 2/2 extra), 3-11.
4. <https://doi.org/24412/2709-1201-2024-8-3-11>
5. Abdullayev, A. P., Ahmadov, V. İ., Şamilov, T. G., Məmmədov, F. Ş., Rafiev, N. M., Isayeva, A. A., Askerova, G. Z., & Jabirli, R. D. (2024). Применение аморфных сплавов. *Научный форум: Технические и физико-математические науки, сб. ст. по материалам LXXVI междунар. науч.практ. конф.*, № 8(76), 22-29.
6. Abdullayev, A. P., Ahmadov, V. İ., Şamilov, T. G., Məmmədov, F. Ş., Musazadə, İ. V., Rafiev, N. M., Isayeva, A. A., Musayeva, S. M., Askerova, G. Z., & Jabirli, R. D. (2024). Разработка технологии получения аморфных лент Fe-Si-C. *Universum: технические науки: научный журнал*, 56-60. <https://dx.crossref.org/10.32743/UniTech.2024.125.8>
7. Abdullayev, A. P., Ahmadov, V. İ., Şamilov, T. G., Məmmədov, F. Ş., Rafiev, N. M., Isayeva, A. A., & Jabirli, R. D. (2024). Исследование электрических свойств аморфных лент с составом
8. Fe<sub>92</sub>Si<sub>6</sub>C<sub>2</sub> и Fe<sub>93</sub>Si<sub>6</sub>C<sub>1</sub> и их сравнение с кристаллическими аналогами Fe-Si. *In the World of Science and Education*, 46-52. <https://doi.org/10.24412/3007-8946-2024-46-52>
9. Panahov, T. M., Isayeva, A. A., & Rafiyev, N. M. (2018). Магнитооптические свойства аморфных лент на основе CoFe. *Бюллетень науки и практике*, 4(8), 136-143.
10. Abdullayev, A. P., Ahmadov, V. İ., & Isayeva, A. A. (2021). Magnetic penetration investigation on the bands made of amorphous magnetically soft (CoFe)<sub>75</sub>Si<sub>10</sub>B<sub>15</sub> alloys under the thermal processing.
11. *International Journal of Modern Physics B*, 35(3).
12. Abdullayev, A. P., Isayeva, A. Ə., & Əsgərova, G. Z. (2024). Kobalt əsaslı ərintinin müvəqqəti köhnəlməsi. *Elmi əsərlər, Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti*, 39-44(1).
13. Panahov, T. M., Rafiev, N. M., & Huseynov, A. H. (2019). Magnetic Thermocouples Made of CoFe and FeNi Permalloys. *Technical Physics*, 89(7), 987-990.
14. Rafiyev, N. M., Ahmadov, V. İ., & Isayeva, A. Ə. (2023). Prospects to use amorphous Fe–Ni–Si–B ribbons in contactor cores. *Ukrainian Journal of Physics*, 68(3).
15. Rafiyev, N. M. (2016). Peculiarities of Surface Crystallization of AMA Crystallization of Amorphous Ribbon from the Contact Side. *International Journal of Science Research*, 5, 7.
16. Rafiyev, N. M. (2022). Effects of heat treatment on some magnetic properties of amorphous alloys containing (Fe–Ni)<sub>1-x</sub> M<sub>x</sub> (M=Si, B). *Zeitschrift für Naturforschung A ZNA*, 77(08).

17. Szewieczek, D., Tyrlik-Held, J., & Lesz, S. (2007). Structure and mechanical properties of amorphous Fe<sub>84</sub>Nb<sub>7</sub>B<sub>9</sub> alloy during crystallization. *Journal of Microscopy*, 24(2), 87-90.
18. Saad, A., Cremaschi, V., Moya, J., Arcondo, B., & Sirkin, H. (2002). Crystallization Process of Fe Based Amorphous Alloys: Mechanical and Magnetic Properties. *Materials Science and Engineering: A*, 877-881.
19. Li, F. C., Liu, T., Zhang, J. Y., Shuang, S., Wang, Q., Wang, A. D., Wang, J. G., & Yang, Y. (2019). Amorphous–nanocrystalline alloys: fabrication, properties, and applications. *Materials Today Nano*, 4, 100027.
20. Bresson, L., Harmelin, M., & Calvayrac, Y. (1988). Mechanical Properties of the Amorphous Alloy Fe<sub>78</sub>B<sub>13</sub>Si<sub>9</sub>. *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, 157(1), 189-202. [https://doi.org/10.1524/zpch.1988.157.Part\\_1.189](https://doi.org/10.1524/zpch.1988.157.Part_1.189)
21. Li Wang, J., Jingang Wang, M., & Mengtao Sun. (2020). Mechanical properties of Fe-based bulk amorphous Fe<sub>41</sub>Co<sub>7</sub>Cr<sub>15</sub>Mo<sub>14</sub>C<sub>15</sub>B<sub>6</sub>Y<sub>2</sub> alloy rods. *Chemical Physics Letters*, 750, 13751.
22. Liefei, P., Xiangyun, Z., & Zizhou, Y. (2022). Application of Fe-Based Amorphous Alloy in Industrial Wastewater Treatment. *Journal of Renewable Materials*. <https://doi.org/10.32604/jrm.2022.017617>
24. Yongchan, K., & Byoungchul, H. (2016). Effects of Metalloid Elements on the Mechanical Properties of Fe-Based Bulk Amorphous Alloys. *Korean Journal of Materials Research*, 26(12), 671675. <https://doi.org/10.3740/MRSK.2016.26.12.671>
26. Судзуки, К., Худзимори, Х., & Хасимото, К. (1987). Аморфное металлы. *Металлургия*, 304-305.
27. Хандрик, К., & Кобе, С. (1981). Аморфные магнетики. *УФН*, 143(2), 305–331.

**Bu iş Azərbaycan Elm Fondunun maliyyə dəstəyi ilə yerinə yetirilmişdir. Qrant № AEF-MQM-QA-2-2023-3(45)-05/01/1-M-01**

*Məqaləyə istinad: İsayeva, A. Ə., Şamilov, T. Q., & Əhmədov, V. İ. (2025). Fe-Si-C tərkibli amorflent nümunələrinin mexaniki xassələrinin kristallik analoqları olan elektrotexniki poladlarla (Fe-Si) müqayisəli təhlili. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzMİU, 1, 90-93*

*For citation: Isayeva, A. A., Shamilov, T. G., & Ahmadov, V. İ. (2025). Comparative analysis of the mechanical properties of Fe-Si-C amorphous ribbon samples with their crystalline counterparts, electrotechnical steels (FeSi). Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzUAC, 1, 90-93*

Redaksiyaya daxil olma/Received 15.09.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 15.12.2024

<http://doi.org/10.58225/sw.2025.1-94-98>

## YÜKSƏK SƏVİYYƏLİ SİNTEZ (HLS) MƏLUMATLARINA ƏSASƏN SÜRÜŞMƏYƏ MEYİLLİ YAMAQLARIN RƏQƏMSAL YÜKSƏKLİK MODELİNİN (DEM) DƏQİQLİYİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ TEXNOLOGİYASI

**Qəniyeva Saçlı Abdulxaq**- t.e.n., dosent, Geomatika kafedrası, AzMİU,  
s.ganiyeva@hotmail.com

**Mehdiyev Cavid Teymur oğlu**- baş müəllim, Geomatika kafedrası, AzMİU  
cavidmehdi1977@gmail.com

**Xülasə.** Məqalədə sürüşməyə meyilli ərazilərin rayonlaşdırılması məqsədilə 1:2000 miqyaslı rəqəmsal topoqrafik xəritələrin və hava lazer skanının (HLS) məlumatlarından əldə edilən rəqəmsal yüksəklik modelinin (DEM) istifadəsi üçün əsas müddəalar təqdim olunmuşdur. Tədqiqatın əsas istiqaməti sürüşməyə meyilli yamaqların relyefinin rəqəmsal modelini yaratmaq üçün istifadə olunan lazer əksətmə nöqtələrinin kifayət qədər sıxlığı müəyyən edilmişdir. Bu prosedur xarakterik ərazilərdə yaradılmış modelə əlavə nəzarət olmadan havadakı lazer skan nöqtələrinin buludundan rəqəmsal relyef modelinin yaradılması prosesini avtomatlaşdırmaq üçün lazımdır. Bu, öz növbəsində, modelin keyfiyyətini və etibarlılığını itirmədən sürüşməyə meyilli ərazilərin rəqəmsal relyef modelinin yaradılması üçün sərf olunan vəsaiti azaldacaq.

**Açar sözlər:** CİS, rəqəmsal yüksəklik modeli, havadan lazer skan edilməsi, sürüşmə prosesləri, dəqiqlik.

## TECHNOLOGY FOR ASSESSING THE ACCURACY OF THE DIGITAL ELEVATION MODEL (DEM) OF LANDSLIDE-PRONE SLOPES BASED ON HIGH-LEVEL SYNTHESIS (HLS) DATA

**Ganiyeva Sachli Abdulkhag**- PhD in tech. sc., ass. prof., department of Geomatics, AzUAC,  
s.ganiyeva@hotmail.com

**Mehdiyev Javid Teymur**- senior lecturer, department of Geomatics, AzUAC,  
cavidmehdi1977@gmail.com

**Abstract.** This paper presents the main provisions for using digital elevation models (DEMs) derived from 1:2000 scale digital topographic maps and airborne laser scanning (ALS) data for the purpose of zoning landslide-prone areas. The primary focus of the study was to determine a sufficient density of laser reflection points to be used to create a digital elevation model of landslide-prone slopes. This procedure is necessary to automate the process of creating a digital terrain model from a cloud of airborne laser scanning points and does not require additional control of the created model in feature areas. This reduces the cost of creating digital terrain models in landslide-prone areas without compromising model quality and reliability.

**Keywords:** GIS, digital elevation model, airborne laser scanning, landslide process, accuracy

**Giriş.** Əhalinin artması və dağlıq ərazilərdə yaşayış məntəqələrinin genişlənməsi sürüşmə kimi təbii fəlakətlərin təsirini xeyli artırmışdır. Buna görə də sürüşmə təhlükəsi zonalarını dəqiq proqnozlaşdırma bilən modellərin işlənilməsi vacibdir. Bu illər ərzində sürüşmə təhlükəsi zonalarını proqnozlaşdırmaq üçün müxtəlif texnika və modellər işlənilib hazırlanmışdır. Bu yazının məqsədi sürüşmə proqnozu modellərinin dəqiqliyinə nail olmaqdır. Metodologiya tədqiqat sahəsinin seçilməsini, məlumatların əldə edilməsini, məlumatların işlənməsini və modelin işlənməsini, həmçinin məlumatların təhlilini əhatə edir. Sürüşmə əmələgəlmə amillərinin kompleks təhlili və regional səviyyədə sürüşmə təhlükəsi olan ərazilərin müəyyən edilməsi CİS əsasında aparılır, bunun üçün

rəqəmsal topoqrafik plan və ya geniş ərazilər üçün müfəssəl rəqəmsal relyef modeli olmalıdır. Bu halda, əldə edilən modelin tamlığı rayonlaşdırmanın keyfiyyətinə birbaşa təsir edəcəkdir [1].

Sürüşmə potensialına görə əmək intensivliyi, hava şəraitindən asılılıq, mövsümlilik və istənilən ərazinin (davamlı bitki örtüyü olan ərazilər, yaşayış məntəqələri və s. daxil olmaqla) tədqiqi üçün istifadə imkanlarına uyğun olaraq rayonlaşdırma məqsədi ilə rəqəmsal relyef modelinin alınması üçün optimal üsul hava lazer skan edilməsi ola bilər [2]. Bu gün Azərbaycan ərazisində havada lazer skan etmə texnologiyasının istifadəsi ilə bağlı yalnız sənaye üçün xüsusi təlimatlar mövcuddur, lakin yüksək dəqiqlik yaratmağa yönəlmiş mühəndis-geoloji tədqiqatların bir hissəsi kimi hava lazer skan etmə üsullarının istifadəsi üçün (DEM-lər, topoqrafik plan və xəritələrin yenilənməsi və s. iş növləri) zəruri vahid tənzimləmə bazası yoxdur [3]. Buna görə də, sürüşmə təhlükəsi dərəcəsinə uyğun olaraq ərazilərin rayonlaşdırılması üçün lazer yerləşdirmə nöqtələrinin buludundan əldə edilmiş DEM-dən istifadənin mümkünliyünü müəyyən edəcək havada lazer skanının nəticələrinin keyfiyyətini öyrənmək lazımdır.

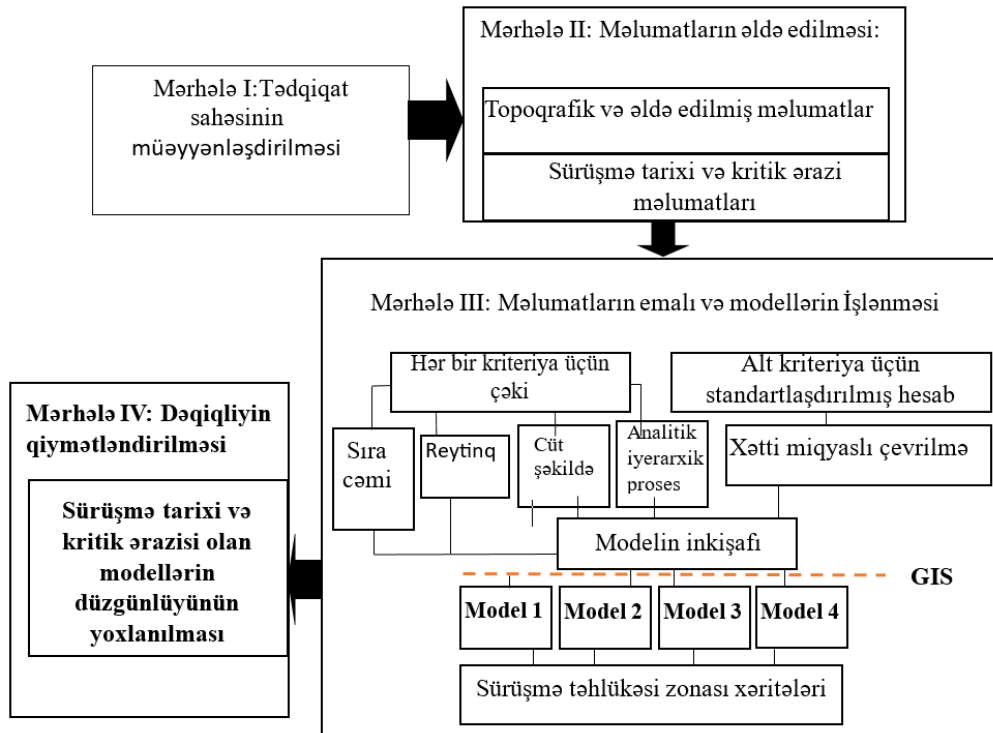
**Metodologiya.** Normativ sənədlərə [4,5,6] uyğun olaraq sürüşmə sahələrinin 1:2000 miqyaslı topoqrafik planının DEM-i 2,0 m kəsmə yüksəkliyində relyef modelinə uyğun olmalıdır, yaşayış məntəqələri üçün isə kəsmə yüksəkliyi 1,0 m olan relyefdən istifadə etmək mümkündür. Bu halda orta kvadrat xəta 1:2000 miqyaslı relyef modellərində 2 m kəsmə yüksəkliyində: meşə ilə örtülməyən ərazilər üçün 0,66 m və meşəlik ərazilər üçün 0,99 m-dən artıq olmamalıdır. 1,4 əmsalından istifadə etməklə, 2 m-lik kəsmə yüksəkliyində relyefin ölçülməsinin orta kvadrat xətası 0,92 m-dən və meşə sahələri üçün 1,38 m-dən çox olmamalıdır. Bu ənənəvi ərazi tədqiqatının dəqiqlik parametrləri havadan lazer skanından əldə edilən DEM-in düzgünlüyünü qiymətləndirmək üçün istifadə edilmişdir.

Səthin topoqrafiyasını təmsil etmək üçün tələb olunan nöqtələrin sayı ilə modeli qiymətləndirməyin ən effektiv yolu çarpaz doğrulama üsuludur. Onlardan bəziləri əsas nöqtə toplusundan çıxarılır və qalan nöqtələrdən DEM yaradılır. Bundan sonra, orijinal DEM-in yüksəklikləri ilə azaldılmış nöqtələr toplusundan yaradılmış DEM arasındakı fərq (səhv) hesablanır. İncəlmə prosesi normal nöqtələr şəbəkəsi yaratmaq və istinad DEM-dən şəbəkə qovşaqlarında yüksəklikləri hesablamaqla mümkündür. Nöqtələrin sıxlığı şəbəkənin tərəflərinin ölçüsündən asılı olaraq dəyişir. Sonra, əldə edilən səhvlərin statistik təhlili aparılır. Bu texnika sürüşməyə meyilli yamacın relyef elementlərinin görünməsinin məqsədəuyğunluğunu itirmədən DEM-in qurulması üçün nə qədər nöqtə lazım olduğunu təxmin etməyə imkan verir.

**Yekun fikirlər..** Ümumiyyətlə, tədqiqat metodologiyası 4 mərhələdən ibarətdir: tədqiqat sahəsinin müəyyənləşdirilməsi, məlumatların əldə edilməsi, məlumatların emalı və modelin işlənməsi və hazırlanmış modellərin düzgünlüyünün qiymətləndirilməsi (Şəkil 1.). Hazırkı işdə sürüşmə təhlükəsi zonasını həyata keçirmək üçün çox kriteriyalı qərar təhlili və GIS üsullarından istifadə olunur.

**Cədvəl 1.** İstifadə olunan sürüşmə meyarları və vahidləri

| Faktorlar             | Vahid  |
|-----------------------|--------|
| Yamac                 | dərəcə |
| Torpaq Xüsusiyyətləri | Növü   |
| Torpaqdan İstifadə    | Növü   |
| Litologiya            | Növü   |
| Geomorfologiya        | Növü   |
| Axın yığılması        | piksel |
| Aspekt                | dərəcə |
| Çayının yaxınlığı     | metr   |
| Yola yaxınlıq         | metr   |



Şəkil 1. Tədqiqat Metodologiyası

Məlumatların alınmasında müxtəlif dövlət idarələrinin və sürüşmə ilə əlaqədar qurumların ekspertləri ilə aparılan müzakirələrə əsasən, müxtəlif səbəblərdən; yamac, aspekt, litologiya, qruntun xüsusiyyətləri, geomorfologiya, torpaqdan istifadə və axın toplanması, çaya yaxınlıq və yola yaxınlıq (Cədvəl 1) istifadə olunur. Rəqəmsal topoqrafik xəritə tədqiqat sahəsində Leica ALS70-CP hava lazer skanerindən istifadə etməklə ölçmələr əsasında yaradıla bilər.

Hava lazer skanerinin nəticələrinə və nəticələrin kameral emalına əsasən, hava lazer skanerinin nöqtələrinin plan-yüksəklik vəziyyətinin mövqeyinin düzgünlüyünü öyrənmək üçün “Yerin” lazerlə əks olunma nöqtələrini təsvir edən məlumat massivini əldə etmək olar. Nəzarət yamaclarında bu nöqtələr massivindən istifadə edərək DEM yaratmaq mümkündür.

DEM-in yüksəklik əsasının dəqiqlik dəyərlərinə görə, 1:2000 miqyaslı topoqrafik planda relyefin çəkilişində orta xəta təxminən 20°, sərt maillikli yamac üçün 2 m kəsmə yüksəkliyində yerdəyişmə 0,66 m-dən çox olmamalıdır. Bu dəyər həqiqi səthi təsvir edən orijinal DEM-in yüksəklikləri ilə onun əsasında seyrəkləşdirilmiş nöqtələr massivindən yaradılmış DEM-in yüksəklikləri arasındakı səhvləri müqayisə edərkən hədd kimi qəbul edilir.

Qeyd edilənləri nəzərə alaraq nəzarət sürüşmə sahəsi üçün sürüşmə yamacının relyefi maksimum dərəcədə əks etdirən istinad DEM-in yaradılması məqsəduyğundur. Bu məqsədlə ArcGIS-də tərəf ölçüsü 1 m (kvadrat tor) olan çoxbucaqlı şəbəkə yaradılmalıdır. Torpaq qovşaqlarında sürüşmə yamacına xas olan yüksəkliklər təyin edilməli bir sıra əlavə nöqtələr yaradılmalıdır.

**Müzakirə.** Verilmiş hündürlükləri olan bu nöqtələr massivi əsasında piksel ölçüsü  $1 \times 1$  m olan GRID səthi yaradılmalıdır.

200×250 m-lik bir sahə üçün istinad DEM yaratmaq üçün yüksəkliyi məlum olan nöqtələrin sayı 50.000 olmalıdır. Ərazinin sahəsi 5 hektar və ya 50.000 m<sup>2</sup>-dir. DEM qurmaq üçün nöqtələrin sıxlığı belədir

$$\frac{50000 \text{ nöqtə}}{50000 \text{ m}^2} = 1 \text{ nöqtə/m}^2 = 100 \text{ nöqtə/100 m}^2$$

1 m<sup>2</sup> piksel ölçüsü ilə müqayisə edilmiş GRID səthləri müxtəlif şəbəkə ölçüləri olan çoxbucaqlı poliqon qovşaqları əsasında yaradılmışdır - 2x2 m, 5x5 m, 10x10 m, 15x15 m, 20x20 m, onlar üçün yüksəkliklər istinad DEM ilə çıxarılmalıdır.

1 m<sup>2</sup>-də müxtəlif lazer əksətdirmə nöqtələrinin sıxlığı olan modellərin müqayisəsi ArcGIS proqramında mümkündür. Müxtəlif sıxlıqlı lazer əksətdirmə nöqtələri əsasında GRID səthləri yaradıla bilər, onların piksel ölçüsü 0,10 × 0,10 m (6°-yə qədər yamac bucaqları olan düz, təpəli, sərt relyef üçün), 0,05 × 0,05 m (dağlıq və dağətəyi ərazilər üçün) yamac bucaqları təxminən 6°). GRID modeli, mənbə məlumatlarını interpolasiya etməklə əldə edilən yüksəklik dəyərlərinin müntəzəm matrisidir. Hər bir matrisin hündürlüyü interpolasiya əsasında hesablanır. Əslində, bu, ölçüləri həll olunan konkret problemin dəqiqlik tələblərinə uyğun olaraq təyin olunan bir şəbəkədir. Yaradılmış modelləri səthin topoqrafiyasını göstərmək üçün lazım olan lazer əks etdirmə nöqtələrinin sayı ilə qiymətləndirmək üçün müqayisə edilən, seyrək DEM-lərin hündürlükləri istinad DEM-in yüksəkliklərindən çıxarılmışdır. Bu əməliyyat ArcGIS Spatial Analyst modulunun funksionallığından istifadə etməklə həyata keçirilə bilər. Hər bir müqayisə edilmiş DEM cütü üçün piksellərinə hündürlük fərqi dəyərləri təyin edilmiş GRID rasteri yaradıla bilər.

Ənənəvi üsullardan-taxeometrik planalmadan istifadə etməklə DEM-in yaradılmasına dair təlimatda [4] planalma piketlərinin tələb olunan sayı onların arasındakı maksimum məsafə ilə müəyyən edilir. 1:2000 miqyasda və relyefin kəsiyi 2m üçün qiyməti 50 m-dir. Əgər adi şəbəkədə normativ tələblərə uyğun olaraq alınmış relyef modelinin istinad modeli ilə DEM yaradarkən bu dəyəri şərti olaraq piksel ölçüsü kimi götürsək, onda şərti olaraq uyğunluğunu qiymətləndirmək olar. Bu məqsədlə ayrı-ayrılıqda 50×50 m piksel ölçüsü olan çoxbucaqlı poliqon yaradılmışdır. Onun qovşaqlarına istinad DEM-dən çıxarılan yüksəkliklər təyin edilməlidir. Bu çoxbucaqlı şəbəkənin düyün nöqtələrindən istifadə edərək, piksel ölçüsü 1 m olan müqayisə edilmiş GRID səthi interpolasiya edilməlidir.

Beləliklə, modelləri səthin topoqrafiyasında tələb olunan nöqtələrin sayı ilə qiymətləndirmək üçün müqayisə edilən DEM-lərin yüksəklikləri istinad DEM-in yüksəkliklərindən çıxarılır.

Cədvəl 2-də birinci nəzarət yamacı üçün müxtəlif ölçülü müntəzəm şəbəkə qovşaqları əsasında əldə edilmiş istinad və müqayisə edilmiş DEM-lərin hündürlükləri arasında səhvlərin statistik təhlili məlumatları əks etdirilmişdir. Müqayisə zamanı orta xəta, xətanın aşağı həddi, xətanın yuxarı həddi və O.K.S. kimi statistik göstəricilər nəzərə alınır.

**Cədvəl 2.** İstinad hündürlükləri arasında səhvlərin statistik təhlili və birinci nəzarət yamacının müqayisəli rəqəmsal yüksəklik modelləri

| Adi kvadrat şəbəkə ölçüsü                      | 2m    | 5m    | 10m   | 15m   | 20m   | 50m   |
|------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| DEM yaratmaq üçün nöqtələrin sayı              | 12500 | 2000  | 500   | 208   | 120   | 20    |
| 100 m <sup>2</sup> -də nöqtələrin orta sıxlığı | 25    | 4     | 1     | 0.41  | 0.24  | 0.04  |
| Orta səhv                                      | 0.04  | -0.02 | -0.04 | -0.06 | 0.08  | 0.10  |
| Aşağı xəta həddi                               | -0.19 | -0.62 | -0.89 | -1.62 | -3.13 | -6.14 |
| Yuxarı xəta həddi                              | 0.13  | 0.61  | 0.78  | 1.50  | 3.44  | 6.31  |
| O.K.S.                                         | 0.09  | 0.25  | 0.31  | 0.67  | 1.30  | 2.63  |

**Nəticə.** Nəzərə alınan sürüşmə yamaclarında mailliyi 15°-dən çox olan analizlər nəticəsində etibarlı DEM yaratmaq üçün lazım olan nöqtələrin minimum sıxlığı müəyyən edilmişdir. Yamacın dikliyinin artırılması onlardan DEM yaratmaq üçün minimum nöqtə sayına təsir göstərmir. Relyefin tədqiqi zamanı orta xətalara 5 sm-dən çox olmamalıdır. Əgər maksimum xətalara (istinadın hündürlüyündə maksimum fərqlər və seyrəkləşdirilmiş DEM) nəzərə alınmırsa, sürüşmə yamaclarının relyefini düzgün göstərmək üçün rəqəmsal model, nəzarət sahələrinin əlavə vizual təftişi tələb olunacaq, bu da öz növbəsində işin məhsuldarlığını azaldır və onları avtomatik olaraq yaratmağa imkan vermir. Nəzarət sürüşmə sahələri üçün əldə edilmiş nöqtə sıxlığı dəyərlərini təhlil edərək, onların konfigurasiyası və ümumi yamacın dikliyi ilə fərqlənən maksimum tədqiqat sahələrini nəzərə alaraq,

aşağıdakı nəticəyə gələ bilərik: sürüşmə yamaclarının DEM-ni yaratmaq üçün tələb olunan nöqtə sıxlığı, sürüşmə təhlükəsi olan ərazilərin müəyyən edilməsi məqsədi üçün ən azı 4 nöqtə /100 m<sup>2</sup> olmalıdır. Sürüşmənin dəqiq proqnozlaşdırılması modellərinin hazırlanması aidiyyəti dövlət qurumlarına gələcək inkişaf üçün risk sahələrini müəyyən etməkdə və yüksək riskli ərazidə işlənmə aparılacağı təqdirdə təsirin azaldılması tədbirlərinin hazırlanmasında kömək edə bilər.

Sürüşmə təhlükəsi zonası xəritələri ArcGIS proqramında yaradılan işlənmiş modellərdən alınır və bütün hazırlanmış modellər üçün ərazi faizi və təhlükə sinfi arasında müqayisə edilir. Modellərin düzgünlüyünün qiymətləndirilməsi hazırlanmış modellərin sürüşmə təhlükəsi sinfini sürüşmə tarixi məlumatları və ya sürüşmə izi ilə müqayisə etməklə müəyyən edilir. Sürüşmə təhlükəsi zonası xəritələri sürüşmə tarixi məlumatlarının və sürüşmə üçün kritik ərazinin yerini göstərir. Təhlildən istifadə ediləcək ən yaxşı və ya ən uyğun modeli müəyyən etmək üçün dəqiqlik faizi əldə edilir.

### İstinadlar

1. Кузин, А. А. (2014). Геодезическое обеспечение зонирования территорий по степени опасности проявлений оползневых процессов на основе применения ГИС-технологий (Диссертация кандидата технических наук). Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург.
2. Wehr, A., & Lohr, U. (1999). Airborne laser scanning – an introduction and overview. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 54, 68–82.
3. РД-91.020.00-КТН-042-12. (2012). Инженерные изыскания для строительства магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов: Руководящий документ.
4. ГКИНП-02-033-82. (1985). Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. Москва: Недра.
5. ПНИИИС. (1984). Рекомендации по количественной оценке устойчивости оползневых склонов. Москва: Стройиздат.

### References

- 1.Kuzin, A. A. (2014). Geodetic support for zoning territories by the degree of landslide hazard based on GIS technologies (Candidate of Technical Sciences dissertation). National Mineral Resources University "Mining", St. Petersburg, 133 p.
- 2.Wehr, A., & Lohr, U. (1999). Airborne laser scanning – an introduction and overview. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 54, 68–82.
- 3.РД-91.020.00-КТН-042-12. (2012). Guidance document: Engineering surveys for the construction of main oil and oil product pipelines.
- 4.ГКИНП-02-033-82. (1985). Instruction on topographic surveying at scales 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. Moscow: Nedra, 151 p.
- 5.ПНИИИС. (1984). Recommendations for the quantitative assessment of landslide slope stability. Moscow: Stroyizdat, 80 p.
- 6.СП 11-104-97. (1997). Engineering and geodetic surveys for construction. Moscow: PNIIS, 91 p.

*Məqaləyə istinad: Qəniyeva, S. A., Mehdiyev, C. T. (2025). Yüksək Səviyyəli Sintez (HLS) məlumatlarına əsasən sürüşməyə meyilli yamacların Rəqəmsal Yüksəklik Modelinin (DEM) dəqiqliyinin qiymətləndirilməsi texnologiyası. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzUAC, 94-98*

*For citation: Ganieva, S. A., Mehdiyev, J.T. Technology for Assessing the Accuracy of the Digital Elevation Model (DEM) of Landslide-Prone Slopes Based on High-Level Synthesis (HLS) Data. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzUAC, 1, 94-98*

Redaksiyaya daxil olma/Received 18.09.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 18.11.2024

<http://doi.org/10.58225/sw.2025.1-99-105>

## ŞÜŞƏ TULLANTILARININ SEMENT SİSTEMLƏRİNDƏ NARIN DİSPERS DOLDURUCU KİMİ TƏDQIQI

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

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

**Xülasə.** Narın dispers şüşə tozunun amorf quruluşu, bioloji cəhətdən parçalanmaması və rahatlıqla əldə edilməsi onun yeni istifadə sahələrinin tapılmasını aktual edir. Onun pussolan əlavə kimi istifadəsi müxtəlif ekoloji problemləri həll etməklə yanaşı, şüşə tozunun sement məhlullarında istifadəsi məlum materiallara nisbətən daha yaxşı nəticələr verir. Tədqiqatın əsas məqsədi sement xəmirinin və məhlulunun hazırlanması zamanı 20%-ə qədər sementi narın dispers şüşə tozu (70-60 mkm) ilə əvəz etməklə yeni səmərəli məhsulun alınması və uyğun olaraq ətraf mühitə təsirin azaldılmasıdır. Tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, sement məhlullarının xüsusiyyətlərinə şüşə tozunun dispersliyi və morfologiyası xeyli təsir edir. Müxtəlif tərkibli şüşə tullantılarının sementə təsiri araşdırılarkən onların tətbiq istiqamətləri müəyyən edilmişdir. Mikroskopik və rentgen struktur analizlərinin nəticələri göstərdi ki, bərkimənin ilk dövrlərində şüşə tozu əlavə edilmiş nümunələrin morfologiyasının nəzarət nümunələri ilə eyni olmasına baxmayaraq sonrakı mərhələlərdə şüşə tozunun pussolan aktivliyi nəticəsində hidrat birləşmələrinin yaranması və böyüməsi zamanı quruluş əmələ gətirmə prosesində yeniliklər baş verir. Nəticələrin müqayisəsi göstərdi ki, hissəciklərinin ölçüsü 60 mkm olan şüşə tozunu 20%-ə qədər sementə qatdıqda daha yaxşı nəticələr əldə edilir. Bu zaman daha sıx mikroquruluşa malik sement daşı alınır.

**Açar sözlər:** Pussolan aktivliyi, şüşə tozu, mikrostruktur, mexaniki möhkəmlik, ətraf mühitə təsir

## STUDY OF GLASS WASTE AS A FINE DISPERSE FILLER IN CEMENT SYSTEMS

**Guvalov Abbas Abdurahman**- doctor of tec.sc., prof., departament of Materials Science, AzUAC, abbas-guvalov@mail.ru

**Abbasova Saida Iskandar**- PhD in chemistry, ass.prof., departament of Materials Science, AzUAC, saida.abbasovai@mail.ru

**Abstract.** The properties of pomegranate dispersed glass powder, such as its amorphous structure, non-biodegradability and easy access everywhere, open up new concepts. Besides solving various environmental problems by using it as an anti-pollution additive, using glass dust gives better results than other known materials. The main goal of the research is to replace up to 20% of cement with dispersed pomegranate glass powder (70-60  $\mu\text{m}$ ) when preparing dough and mortar, to obtain a new efficient product and reduce the impact on the environment accordingly. As a result of the research, it was found that the properties of the solutions are greatly influenced by the dispersity and morphology of the glass powder. While investigating the effect of glass wastes of different composition on cement, their directions of application were determined. The results of microscopic and X-ray structural analyzes showed that, despite the fact that the morphology of the samples with glass powder added during the two periods of hardening was the same as the control samples, in the later stages, as a result of the pussolant activity of the glass powder, there were innovations in the structure formation process during the formation and growth of hydrate compounds. Comparison of the results showed that better results are obtained when glass dust with a particle size of 60  $\mu\text{m}$  is added to cement up to 20%. At this time, a cement stone with a denser microstructure is obtained.

**Keywords:** Pozzolanic activity, glass powder, microstructure, mechanical strength, environmental impact

**Giriş.** Tikinti materiallarının qiyməti günü-gündən artır. 10 il ərzində sementin maya dəyəri xeyli artmışdır. Eyni zamanda digər inşaat materiallarının qiyməti də bir neçə dəfə artdı. Belə ki, inşaat materiallarına artan tələbatı və təbii ehtiyatların daşınmasına çəkilən yüksək xərclər, eyni zamanda artan ekoloji məhdudiyyətlər səbəbindən tikinti sənayesində adi tikinti materialları əvəzinə alternativ məhsulların hazırlanması aktuallaşır. Hazırda təbii ehtiyatları idarə etmək və saxlamaq üçün bütün bu bərk tullantıların səmərəli təşkil olunmuş təkrar emalı geniş tədqiqat işləri tələb edən beynəlxalq problemdir [1]. 2002-ci ildə dünyada istehsal olunan tullantıların proqnozlaşdırılan istehsalı 12 milyard ton təşkil edirdi ki, bunun da 11 milyard tonu sənaye tullantıları və 1,6 milyard tonu məişət tullantılarıdır. 2025-ci ilə qədər bərk tullantıların təxminən 19 milyard tona çatacağı proqnozlaşdırılır [2]. Təkcə Asiyada 4,4 milyard ton bərk tullantı yaranır onun 790 milyon tonunu bərk məişət tullantıları təşkil edir [2,3]. Getdikcə artan məişət tullantılarının basdırılması üçün külli miqdarda torpaq sahəsi tələb olunur [3]. Ekoloji məhrumiyyət, enerjinin tükənməsi və maliyyə məhdudiyyəti səbəbindən dünya miqyasında təhlükəli və təhlükəsiz tullantıların daşınması, utilizasiyası, təkrar emalı kimi müxtəlif üsulların araşdırılması üzrə tədqiqatlar aparılır [4-8]. Daha təmiz və yaşıl ətraf mühitin yaradılması üçün sosial, texniki-iqtisadi, ekoloji cəhətdən səmərəli yollarının tapılması hazırda beynəlxalq miqyasda ümumi problemdir. Böyük miqdarda tullantıların qarışıq yığılması onların təkrar emalı və utilizasiyasında böyük çətinlik yaradır. Ənənəvi materiallara alternativ kimi sənaye tullantılarından və əlavə məhsullardan doldurucu və ya xammal kimi istifadə böyük əhəmiyyət kəsb edir və mənzil sənayesində əlavə materiallar kimi səmərəli yaşama olduğunu göstərir [8]. Bu sahədə aparılmış əvvəlki tədqiqat işlərində sübut edilmişdir ki, 75 mm-dən kiçik ölçülü şüşə hissəciklərini 10-25%-ə qədər sementin əvəzinə verdikdə qarışıq məhlul və beton istehsalında yaxşı nəticələr alınır. Tədqiqatlar göstərmişdir ki, 75 mkm ölçülü şüşə tozunu sementə əlavə etdikdə yaxşı nəticələr verir [9], hətta hissəciklərinin ölçüsü 38-300 mkm olduqda elektron şüşələr sementin kütləsinin 40-50%-ə qədərini əvəz edə bilər [10].

Müəyyən edilmişdir ki, narın dispers şüşə tozunu sementə qatdıqda pussolanlaşma reaksiyasına hissəciklərin ölçüləri (150 ilə 38 mkm) xeyli təsir edir [11]. Şüşə tozunun verilməsi zamanı sement xəmirinin sıxılmada möhkəmlik həddi azalır, lakin ŞT sementin hidratasiya prosesini sürətləndirir və daha çox C-S-H geli yaranır, bu da ŞT pussolan təbiətə malik olmasını göstərir [12]. Məhlul hazırlayarkən 10% sementi şüşə tozu ilə əvəz etdikdə 28 gündən sonra məhlulun mikrostrukturunu yaxşılaşır və uzunömürlülük baxımından etibarlı nəticələr verir. Ədəbiyyat tədqiqatları şüşə tozunun sement məhlullarının xassələrində rolunu aydın şəkildə göstərməsə də, onlardan istifadə etməklə müəyyən qədər ətraf mühitin çirklənməsinin qarşısını almaq olur. Bu işin məqsədi sementə müxtəlif miqdarda narın dispers şüşə tozunun verilməsi ilə sement xəmiri və məhlulunun xassələrinin öyrənilməsi və xüsusilə ətraf mühitin qorunması məqsədi ilə şüşə tullantılarının səmərəli tətbiq sahəsinin tapılmasıdır.

**Materiallar və tədqiqat üsulları.** Təcrübələr üç istiqamətdə aparılmışdır. İlk olaraq şüşə tozu hissəciklərinin ölçüsünün sement xəmirinin xassələrinə təsiri öyrənilmişdir. Sonra uzunömürlülüyn nəzərə alınması ilə sement məhlulunun xassələri tədqiq edilmişdir. Tədqiqatın növbəti mərhələsində isə şüşə tozunun sement xəmirinə və məhluluna təsirinin müasir sınaq üsulları ilə (mikroskopik və pentgenoqrafik) analizi aparılmışdır.

Tədqiqatlarda HOLCİM sement zavodunda AZS EN 197-1 standartının tələblərinə uyğun istehsal olunan, CEM I 42,5 sinifli portlandsementdən istifadə olunmuşdur. Narın şüşə tozu şüşə tullantılarını xırdaladıqdan sonra laboratoriya şəraitində kürəli dəyirməyə üyüdülməklə alınmışdır. Hissəciklərinin ölçüsü 70 mkm və 60 mkm olan iki nümunə hazırlanmışdır. Birinci nümunə 008 sayılı ələkdən, 2-ci nümunə isə 0063 sayılı ələkdən keçirildikdən sonra istifadə edilmişdir.

Tədqiqatlarda cədvəl 1-də göstərilmiş kimyəvi tərkibə malik şüşə tozundan istifadə olunub. Onun sıxlığı  $2,5 \text{ q/sm}^3$  təşkil edib, tərkibində  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$  və  $\text{Na}_2\text{O}$  daha çox,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  isə daha az miqdarda olur. Sınaq nümunələrinin hazırlanması üçün standart qum və içməli su istifadə olunur.

**Cədvəl 1.** Şüşə tozunun kimyəvi tərkibi

| Komponentlər | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | MgO  | SO <sub>3</sub> | Na <sub>2</sub> O |
|--------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|-----------------|-------------------|
| Şüşə tozu    | 67,21            | 2,83                           | 0,40                           | 6,28 | 3,41 | 0,32            | 7,56              |

Əvvəla sementin narın şüşə tozu ilə əvəz edilməsinin nəticələrinə baxılır. Bu zaman müxtəlif miqdarlarda (0%, 5%, 10%, 15%, 20%) şüşə tozu ilə modifikasiya edilmiş nümunələrin nəzarət sement nümunələri ilə müqayisəli analizi aparılır. Bu zaman sement xəmirinin və bərkimiş sement nümunələrinin uyğun olaraq normal qatılığı, tutma müddətinin başlanğıcı və sonu, möhkəmlik həddi təyin olunur.

Nümunələrin hazırlandığı otağın, quru materialların və suyun temperaturu  $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$  olmalıdır. Laboratoriyada nisbi nəmlik  $65 \pm 5\%$  təşkil etməlidir.

Məhlul qarışığının hazırlanması üçün uyğun komponentlər sement:standart qum 1:3 nisbətində götürülür. Cədvəl 2-də sementin müxtəlif miqdarlarının (5%, 10%, 15%, 20%) şüşə tozu ilə əvəzləndiyi modifikasiya olunmuş qarışıqların tərkibləri verilmişdir. Qarışıqların rahat yerləşməsinə öyrənmək üçün ASTM C305-ə uyğun sınaqlar aparılmışdır.

**Cədvəl 2.** Modifikasiya olunmuş məhlul qarışıqlarının tərkibləri

| Materiallar | 0    | 5% ŞT | 10% ŞT | 15% ŞT | 20% ŞT |
|-------------|------|-------|--------|--------|--------|
| Sement, qr  | 600  | 570   | 540    | 510    | 480    |
| Qum,qr      | 1800 | 1800  | 1800   | 1800   | 1800   |
| ŞT, qr      | 0    | 30    | 60     | 90     | 120    |
| Su, qr      | 238  | 238   | 238    | 238    | 238    |

Sıxılmada möhkəmliyi təyin etmək üçün uyğun olaraq 70,6 x 70,6 x 70,6 mm ölçülü kub nümunələri hazırlanır. Quruma zamanı yığılmanın təyini üçün ölçüləri 25 x 25 mm və daxili uzunluğu 282 mm olan tircik nümunələri qəliblənir. Əyilmədə möhkəmlik həddinin təyini üçün ölçüləri 40 x 40 x 160 mm tircik nümunələrindən istifadə olunur. Bu məqsədlə üç nümunə qəliblənir, nümunələr nəmliyi 98%, temperaturu  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$  olan şəkfdə saxlanılır. 24  $\pm$  2 saat sonra nümunələr qəlibdən çıxarılır və dərhal temperaturu  $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$  olan suyun içərisinə salınaraq 7, 28 və 90 gün müddətində saxlanılır.

Sıxılmada və əyilmədə möhkəmliyin təyini standartın tələblərinə uyğun olaraq aparılır. Məhlul nümunələrinin möhkəmliyi 7, 28 və 90 gündən sonra təyin olunur.

ŞT pussolan aktivliyinin təyini standarta uyğun olaraq sement və standart qumdan hazırlanmış məhlulda aparılır. Pussolan-sement məhlulunun pussolan aktivliyi aktivlik indeksi Aİ kimi göstərilir.

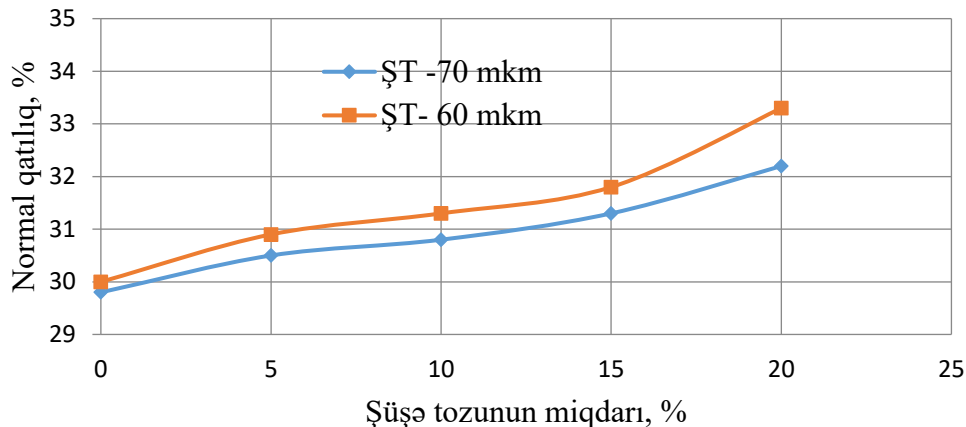
Aİ-nin faizlə təyin olunmuş qiyməti uyğun olaraq narın üyüdülmüş ŞT pussolan aktivliyinin müəyyən edilməsi üçün istifadə olunur. Aİ tapılması üçün formul:

$$\% = (A/B) \times 100,$$

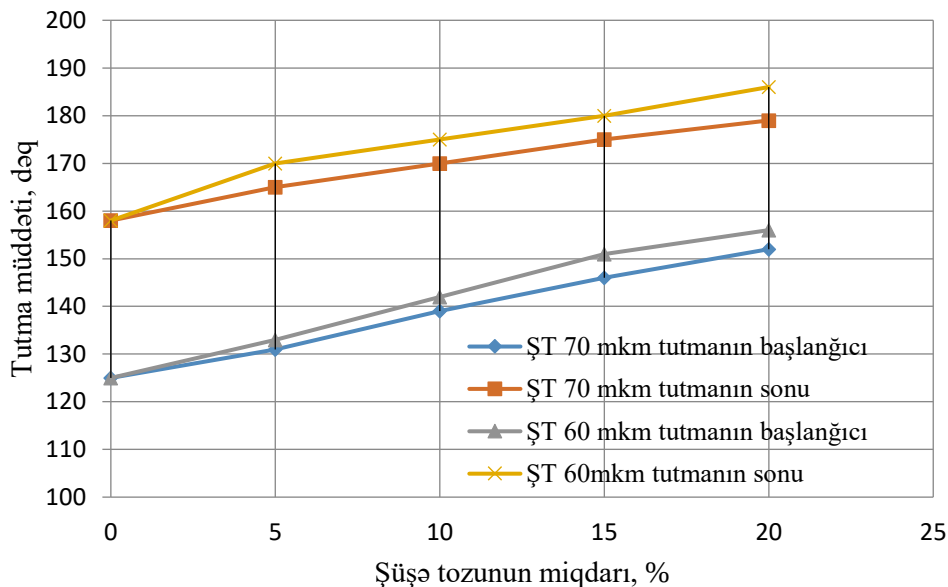
burada A– sementin şüşə tozu ilə əvəz olunduğu kub nümunələrinin 7, 28 və 90 gün bərkimədən sonra sıxılmada möhkəmliyi (MPa), B – eyni müddətlərdə bərkimiş nəzarət nümunələrinin sıxılmada möhkəmliyidir (MPa).

**Müzakirələr.** Sementin qismən şüşə tozu ilə əvəz olunduğu məhlulların xassələrinə şüşə tozunun təsirinin sınağı aparılmışdır. Normal qatılıq, tutma müddətinin başlanğıcı və sonu şəkil 1-2-də verilir. Gözlənilirdi ki, ŞT miqdarının 0%-dən (nəzarət nümunəsi) 5% artımla 20%-ə qədər artırılması zamanı 70 mikronluq ŞT ilə müqayisədə 60 mikronluq ŞT qarışığının suya tələbatı artır. Cədvəl 1-də göstərilirdi ki bu ŞT qatılığı ilə müqayisədə hissəciklərin ölçülərinin nisbətini göstərir. 70 mikronluq və 60 mikronluq ŞT ilə hazırlanmış qarışıqlar üçün tutmanın başlanğıc və son vaxtları da bu baxımdan şəkil 2-də olduğu kimi eyni tendensiyanı göstərir. Bu da nəzarət nümunələri ilə müqayisədə sementin miqdarının azalması ilə izah oluna bilər. Bu halda şüşə tozu narın doldurucu

rolunu oynayır. ŞT ilə alınmış qarışıqların nəticələrinin İS 4031-ə uyğun olaraq məqbul hədlər daxilindədir.



Şəkil 1. Şüşə tozunun sementin normal qatılığına təsiri

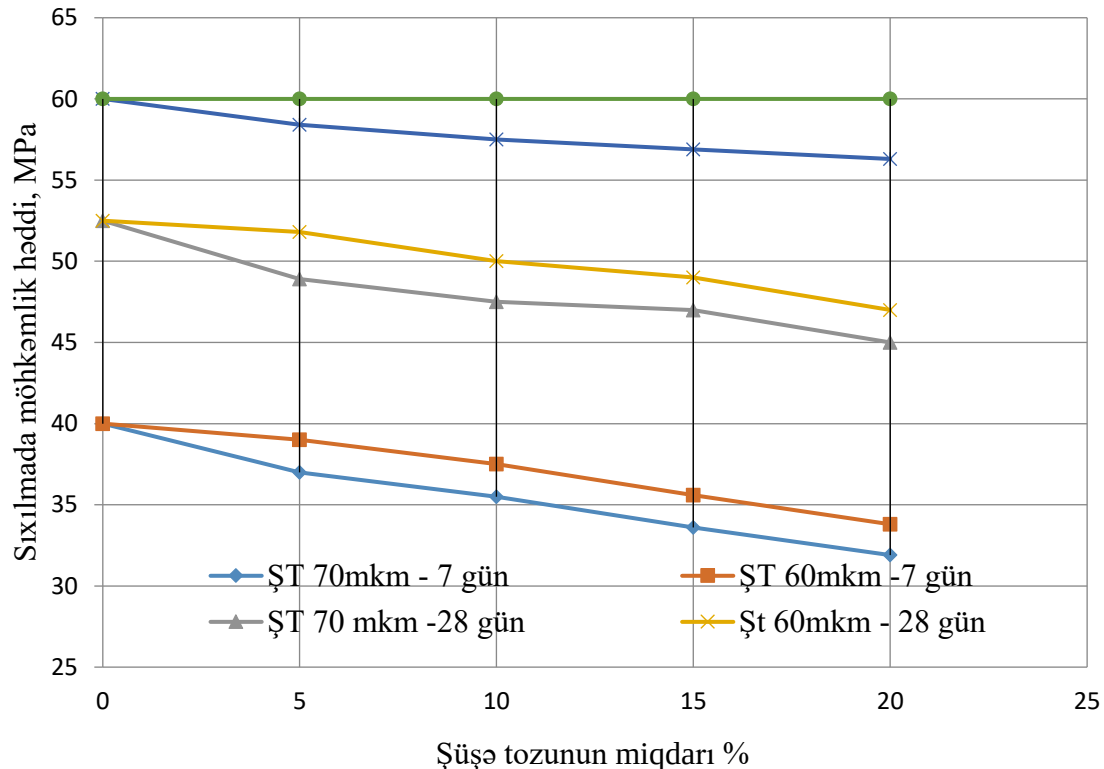


Şəkil 2. Şüşə tozunun sementin tutma müddətinə təsiri

Le-Şatellye cihazında aparılmış həcm muntəzəm dəyişməsi sınağının nəticələri göstərdi ki, modifikasiya olunmuş qarışıqların həcm muntəzəm dəyişməsi norma daxilindədir. Bu şüşə tozunda CaO və MgO miqdarının məqbul həddə olduğunu və qarışıqda zərərli təsirin olmadığını göstərir. Müəyyən edilmişdir ki, ŞT miqdarının artması ilə qarışıqların axıcılığı və yayılması artır. Hər bir qarışıq üçün nəzarət məhlulunun yayılma diametri 215-220 mm olur. ŞT qarışıqlarının yayılma diametri uyğun olaraq 220-230 mm və 235-240 mm olur. Beləliklə, yuxarıda verilmiş sınaq nəticələrindən görünür ki, ŞT miqdarının artması ilə yayılma diametri artır. Nəzarət məhlulları ilə müqayisə göstərdi ki, yayılma diametrindəki artım ŞT daha narin hissəcikləri və yüksək xüsusi səth sahəsi ilə əlaqədardır.

ŞT qatılmış nümunələrin sıxılda möhkəmlik həddinin analizi şəkil 3-də verilmişdir. ŞT hissəciklərinin ölçüsü azaldıqca sıxılda möhkəmlik həddinin artması müşahidə olunur. Nəzarət nümunələri ilə müqayisədə hər iki qarışığın sıxılda möhkəmlik həddi müəyyən qədər aşağı olur, lakin məhlulun minimal möhkəmlik həddini keçmir. 7 və 28 günlük sıxılda möhkəmlik nəticələrindən görünür ki, nəzarət nümunələri ilə müqayisədə hissəciklərinin ölçüsü 70 və 60 mkm

olan 5% ŞT əlavə edilmiş məhlulların möhkəmliyinin azalması uyğun olaraq 7 günlük nümunələrdə 7,5% və 2,5%, 28 günlükdə isə 6,9 və 1,9% təşkil edir.



**Şəkil 3.** Şüşə tozunun müxtəlif vaxtlarda sıxılmada möhkəmlik həddinə təsiri

Bununla belə, sementin 20 % ŞT ilə əvəz olunduğu nümunələrdə möhkəmliyin azalması artaraq hissəciklərinin ölçüsü 70 və 60 mkm olan şüşə tozu əsasında hazırlanmış məhlullarda uyğun olaraq 7 günlük nümunələrdə 20,3% və 15,5% , 28 günlükdə isə 14,3% və 10,5% təşkil edir. Bərkimə müddətinin artması (7-dən 90 günə qədər) baxımından nəticələrin müqayisəsi zamanı şüşə tozu ilə modifikasiya edilmiş məhlullar yaxşı nəticələr göstərir. 20 % ŞT istifadə olunduğu halda 90 gündən sonra sıxılmada möhkəmliyin artım sürəti hissəciklərinin ölçüsü 70 mkm olan şüşə tozu əsasında olan nümunələr nəzarət qarışığından cəmi 6,2% aşağıdır, hissəciklərinin ölçüsü 60 mkm olan şüşə tozu əsasında olan nümunələr isə nəzarət qarışığına mümkün qədər yaxın olur. Bu pussolan reaksiyasının daha gec mərhələdə baş verə biləcəyini ifadə edir, başqa sözlə, zaman keçdikcə onun faktiki pussolan xüsusiyyəti məhlulun sıx mikroquruluşunda görünür.

Şüşə tozu qatılmış qarışıq məhlulların pussolan aktivliyinin tədqiqi üçün möhkəmliyin aktivlik indeksi və əhəngin reaktivliyi ilə bağlı sınaqlar aparılmışdır. Bu baxımdan qarışıq məhlul nümunələrinin müvafiq olaraq 7, 28 və 90 gün olaraq təyin olunan ilkin, orta və uzun müddətli möhkəmliyi qiymətləndirilir. Hər iki şüşə tozundan istifadə etməklə qarışıq məhlullardan hazırlanmış nümunələr 7, 28 və 90 gün saxlanıldıqdan sonra möhkəmliyin aktivlik indeksi (Aİ) təyin edilmişdir.

Hissəciklərinin ölçüsü 70 mkm olan ŞT tətbiqi ilə hazırlanmış qarışıq üçün Aİ-nin müşahidə olunan qiymətləri 7, 28 və 90 gündən sonra 77-98%-ə yaxın olur ki, bu da pussolanlı komponentlər üçün ASTM C618x-də nəzərdə tutulmuş həddi, yəni 75%-i keçir. Bundan əlavə, hissəciklərinin ölçüsü 60 mkm olan ŞT tətbiqi ilə hazırlanmış qarışıqdan nümunələr üçün Aİ-nin qiyməti 7, 28 və 90 gündən sonra 85-100%-ə yaxın olur. Nəticələrdən göründüyü kimi 60 mikronluq ŞT ilə 70 mikronluq ŞT müqayisə etdikdə Aİ-nin qiyməti 60 mikronluqda daha yüksək olur.

Beləliklə, tədqiqat nəticələri göstərdi ki, 60 mikronluq ŞT pussolan aktivliyi daha yüksəkdir. Eyni zamanda o məhlulun mexaniki xassələrini də yaxşılaşdırır. Aİ-nin nəticələri göstərir ki, daha narın ŞT 20%-ə qədər qatıldıqda hələ də reaktiv olur, narınlığı nisbətən az olan ŞT bu miqdar 10%-lə

məhdudlaşır. 90 gündən sonra hissəciklərinin ölçüsü 60 mkm olan ŞT tətbiqi ilə hazırlanmış qarışığın möhkəmliyi nəzarət nümunələrindən yüksək, yaxud ona yaxın olur.

### Nəticə

1. Şüşə tozunun sementə əvəzedici kimi daxil edilməsi son məhsulun müxtəlif xassələrinin yaxşılaşdırılması baxımından faydalıdır. Sementə şüşə tozunun daxil edilməsi başlanğıcda hidratlaşmış sement matrisasının boşluqlarının doldurulmasında səmərəli rol oynayır. Ona görə də daha sıx mikrostrukturun yaranması sement-şüşə tozu qarışıq sistemində müşahidə olunur.
2. Qarışıq şüşə tozunun ilkin xassələrinə gəldikdə isə qatılığın artması, ŞT qiyməti baxımından dominant rol oynayan disperslik effekti istisna olmaqla heç bir zərərli təsir müşahidə olunmur. Bununla yanaşı, şüşə tozunun tərkibi də pussolan aktivliyinin və möhkəmlik səviyyəsinin formalaşmasında həlledici rol oynayır.
3. Su/sement məhlulunun verilmiş nisbəti üçün bərkimə xassələrinə şüşə tozunun təsiri narahatlıq yaradır; sınaq nəticələri göstərir ki, ölçüləri 60 mkm olan şüşə tozu üçün 20% əvəzetmə mümkündür, 70 mkm ölçülü tozda isə bu miqdar 10-15%-lə məhdudlaşır.

### İstinadlar

1. Pappu, A., Saxena, M., & Asolekar, S. R. (2007). Solid wastes generation in India and their recycling potential in building materials. *Building and Environment*, 42(6), 2311–2320. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132306001168>
2. Yoshizawa, S. A. S., & Tanaka, M. (2004). Global trends in waste generation. In I. Gaballah, B. Mishar, R. Solozabal, & M. Tanaka (Eds.), *Recycling, Waste Treatment and Clean Technology* (pp. 1541–1552). TMS Minerals, Metals & Materials Publishing. <https://www.scrip.org/reference/referencespapers?referenceid=2069723>
3. Quvalov, A. A., Abbasova, S. İ., & Ağazadə, M. F. (2018). Məişət tullantıları və onların utilizasiyası. In Azərbaycan Xalq Cümhuriyyətinin yaranmasının 100 illiyinə həsr olunmuş professor-müəllim heyətinin, doktorantların və gənc tədqiqatçıların Beynəlxalq elmi konfransının materialları (pp. 62–63).
4. Ларионов, Г. (2009). Утилизация ТБО – одна из приоритетных экономических задач современности. *РИСК: ресурсы, информация, снабжение, конкуренция*, (4), 207–208. <https://cyberleninka.ru/article/n/mehanizmy-sovershenstvovaniya-sistemy-upravleniya-obrascheniem-tverdyh-bytovyh-othodov>
5. Шубов, Л. Я., Ставровский, М. Е., & Олейник, А. В. (2021). Технология твёрдых бытовых отходов (Л. Я. Шубов, Ed.). Москва: Альфа-М: ИН-ФА-М. <https://znanium.ru/catalog/document?id=398930>
6. Quvalov, A. A. (2019). İnşaat materiallarının alınmasında istifadə olunan məişət tullantılarının tərkibinin tədqiqi [Elmi-tədqiqat işinin hesabatı]. Materialşünaslıq kafedrası, AzMİU.
7. Hammitt, J. K., & Reuter, P. (1989). Illegal hazardous-waste disposal and enforcement in the United States: A preliminary assessment. *Journal of Hazardous Materials*, 22, 101–119. <https://www.ojp.gov/pdffiles1/Digitization/147542NCJRS.pdf>
8. Клинков, А. С., Беляев, П. С., Скуратов, В. К., Соколов, М. В., Ефремов, О. В., & Однолько, В. Г. (2010). Рециклинг и утилизация тары и упаковки: учебное пособие. Тамбов: Издательство ТГТУ.
9. Aliabdo, A. A., Abd Elmoaty, A. E. M., & Aboshama, A. Y. (2016). Utilization of waste glass powder in the production of cement and concrete. *Construction and Building Materials*, 124, 866–877.
10. Chen, C. H., Huang, R., Wu, J. K., & Yang, C. C. (2006). Waste E-glass particles used in cementitious mixtures. *Cement and Concrete Research*, 36(3), 449–456. [https://www.researchgate.net/publication/223589585\\_Waste\\_E-glass\\_particles\\_used\\_in\\_cementitious\\_mixtures](https://www.researchgate.net/publication/223589585_Waste_E-glass_particles_used_in_cementitious_mixtures)
11. Shao, Y., Lefort, T., Moras, S., & Rodriguez, D. (2000). Studies on concrete containing ground waste glass. *Cement and Concrete Research*, 30(1), 91–100. <https://www.osti.gov/biblio/20026629>

12. Onaizi, A. M., Huseien, G. F., Shukor Lim, N. H. A., Tang, W. C., Alhassan, M., & Samadi, M. (2022). Effective microorganisms and glass nanopowders from waste bottle inclusion on early strength and microstructure properties of high-volume fly-ash-based concrete. *Biomimetics*, 7(190), 2–27. <https://doi.org/10.3390/biomimetics7040190>

## References

1. Pappu, A., Saxena, M., & Asolekar, S. R. (2007). Solid wastes generation in India and their recycling potential in building materials. *Building and Environment*, 42(6), 2311–2320. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132306001168>
2. Yoshizawa, S. A. S., & Tanaka, M. (2004). Global trends in waste generation. In I. Gaballah, B. Mishar, R. Solozabal, & M. Tanaka (Eds.), *Recycling, Waste Treatment and Clean Technology* (pp. 1541–1552). TMS Minerals, Metals & Materials Publishing. <https://www.scrip.org/reference/referencespapers?referenceid=2069723>
3. Quvalov, A. A., Abbasova, S. I., & Agazade, M. F. (2018). Household waste and its utilization. In *Proceedings of the International Scientific Conference Dedicated to the 100th Anniversary of the Establishment of the Azerbaijan Democratic Republic* (pp. 62–63).
4. Larionov, G. (2009). Municipal solid waste disposal – one of the priority economic tasks of modern times. *RISK: Resources, Information, Supply, Competition*, (4), 207–208. <https://cyberleninka.ru/article/n/mehanizmy-sovershenstvovaniya-sistemy-upravleniya-obrascheniem-tverdyh-bytovyh-othodov>
5. Shubov, L. Ya., Stavrovsky, M. E., & Oleynik, A. V. (2021). *Municipal Solid Waste Technology* (L. Ya. Shubov, Ed.). Moscow: Alpha-M: IN-FA-M. <https://znanium.ru/catalog/document?id=398930>
6. Quvalov, A. A. (2019). Study of the composition of household waste used in the production of building materials [Scientific research report]. Department of Materials Science, AzMIU.
7. Hammitt, J. K., & Reuter, P. (1989). Illegal hazardous-waste disposal and enforcement in the United States: A preliminary assessment. *Journal of Hazardous Materials*, 22, 101–119. <https://www.ojp.gov/pdffiles1/Digitization/147542NCJRS.pdf>
8. Klinkov, A. S., Belyaev, P. S., Skuratov, V. K., Sokolov, M. V., Yefremov, O. V., & Odnolko, V. G. (2010). *Recycling and disposal of packaging and containers: Textbook*. Tambov: TSTU Publishing House.
9. Aliabdo, A. A., Abd Elmoaty, A. E. M., & Aboshama, A. Y. (2016). Utilization of waste glass powder in the production of cement and concrete. *Construction and Building Materials*, 124, 866–877.
10. Chen, C. H., Huang, R., Wu, J. K., & Yang, C. C. (2006). Waste E-glass particles used in cementitious mixtures. *Cement and Concrete Research*, 36(3), 449–456. [https://www.researchgate.net/publication/223589585\\_Waste\\_E-glass\\_particles\\_used\\_in\\_cementitious\\_mixtures](https://www.researchgate.net/publication/223589585_Waste_E-glass_particles_used_in_cementitious_mixtures)
11. Shao, Y., Lefort, T., Moras, S., & Rodriguez, D. (2000). Studies on concrete containing ground waste glass. *Cement and Concrete Research*, 30(1), 91–100. <https://www.osti.gov/biblio/20026629>
12. Onaizi, A. M., Huseien, G. F., Shukor Lim, N. H. A., Tang, W. C., Alhassan, M., & Samadi, M. (2022). Effective microorganisms and glass nanopowders from waste bottle inclusion on early strength and microstructure properties of high-volume fly-ash-based concrete. *Biomimetics*, 7(190), 2–27. <https://doi.org/10.3390/biomimetics7040190>

*Məqaləyə istinad: Quvalov, A. A., & Abbasova, S. İ. (2025). Şüşə tullantılarının sement sistemlərində narın dispers doldurucu kimi tətbiqi. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzMIU, 1, 99–105*

*For citation: Guvalov, A. A., & Abbasova, S. I. (2025). Study of glass waste as a fine disperse filler in cement systems. Scientific Works/Elmi eserler, AzUAC, 1, 99–105*

Redaksiyaya daxil olma/Received 20.09.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 20.11.2024

## DAŞINMAZ ƏMLAKIN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ METODLARININ MÜQAYİSƏLİ TƏHLİLİ

**Yusifov Maarif Zabit oğlu** - t.ü.f.d., dosent, Bina və qurğuların istismarı və rekonstruksiyası kafedrası, AzMİU, maarif\_yusifov@mail.ru

**Rəhimov Eldar Məhərrəm oğlu** - t.ü.f.d., dosent, Sənayenin təşkili və idarə edilməsi kafedrası, AzMİU

**Məmmədov Asaf Şanxay oğlu** - t.ü.f.d., dosent, Bina və qurğuların istismarı və rekonstruksiyası kafedrası, AzMİU, asefmemmedov199020@gmail.com

**Xülasə.** Daşınmaz əmlakın dəyərinin düzgün qiymətləndirilməsi olduqca mürəkkəb və eyni zamanda çoxşaxəli bir prosesdir. İstismarda olan daşınmaz əmlak obyektlərinin kifayət qədər müxtəlifliyi nəticə etibarilə qiymətləndirmə vasitələrinin seçilməsi və zəruri metodoloji üsullarla əsaslandırmanın vacibliyi həmişə aktual olaraq qalır. Daşınmaz əmlakın qiymətləndirilməsində istifadə edilən müqayisəli yanaşma, xərclər yanaşması və gəlir yanaşması ayrı-ayrılıqda təhlil edilmişdir. Bu tədqiqatın məqsədi daşınmaz əmlakın dəyərinin qiymətləndirilməsinə mövcud yanaşmaların müqayisəli təhlilini etməkdir. Tədqiqatın əsas nəticələri daşınmaz əmlakın qiymətləndirilməsinin nəzəri əsasları öyrənilərək daşınmaz əmlakın qiymətləndirilməsinə metodoloji yanaşmaların müqayisəsi aparılıb. Bu zaman hər bir qiymətləndirmə üsulunun üstünlükləri və eləcə də çatışmazlıqları müəyyən edilib, hər bir yanaşmanın istifadə şərtləri və məhdudiyyətləri əsaslandırılmışdır.

**Açar sözlər:** daşınmaz əmlak, daşınmaz əmlakın dəyəri, daşınmaz əmlakın qiymətləndirilməsi üsulları, xərclər yanaşması, müqayisəli yanaşma, gəlir yanaşması

## COMPARATIVE ANALYSIS OF REAL ESTATE VALUATION METHODS

**Yusifov Maarif Zabit** – PhD in tech.sc., ass. prof., department of Operation and reconstruction of buildings and structures, AzUAC, maarif\_yusifov@mail.ru

**Rahimov Eldar Maharram** – PhD in tech.sc., ass. prof., department of Industrial Organization and Management, AzUAC

**Mammadov Asaf Shankhay** - PhD in tech.sc., ass. prof., department of Operation and reconstruction of buildings and structures, AzUAC, asefmemmedov199020@gmail.com

**Abstract.** Real estate valuation is a complex and multifaceted process. As a result, the choice of valuation tools and the importance of substantiating them with the necessary methodological methods always remain relevant. The comparative approach, cost approach and income approach used in real estate valuation were analyzed separately. The purpose of this study is to conduct a comparative analysis of existing approaches to real estate valuation. The main results of the study are the theoretical foundations of real estate valuation and a comparison of methodological approaches to real estate valuation. At this time, the advantages and disadvantages of each valuation method were determined, the conditions of use and limitations of each approach were substantiated.

**Keywords:** real estate, real estate value, real estate valuation methods, cost approach, comparative approach, income approach

**Giriş.** Müasir iqtisadi şəraitdə daşınmaz əmlakın dəyərinin qiymətləndirilməsi ehtiyacı bir-çox hallarda vacibdir: daşınmaz əmlakın alqı-satqısı və icarəsi üzrə əməliyyatlar zamanı, daşınmaz əmlak təminatı ilə kreditin alınması, vergi məqsədləri üçün daşınmaz əmlakın kadastr qiymətləndirilməsi, daşınmaz əmlakın sığortası, ləğvi, məhkəmə çəkişmələrində müvafiq qərar qəbul etmək üçün və investisiya layihəsinin əsas parametrləri olaraq. Müəssisələrə və ya bütövlükdə biznesə münasibətdə

əlavə hallar müəssisənin korporativləşdirilməsi və ya əmlak paylarının yenidən bölüşdürülməsi, yeni səhmdarların cəlb edilməsi və əlavə səhmlərin buraxılması, sərmayə və ya yatırım kimi kimi daşınmaz əmlakın qiymətləndirilməsi tələbi də ola bilər. Eyni zamanda, müəssisə və təşkilatların ümumi kapitalının hesablanması səbəbilə də qiymətləndirməyə zərurət yaranır.

Mövcud daşınmaz əmlak növlərinin müxtəlifliyi, daşınmaz əmlakın dəyəri, onun qiymətləndirilməsi prinsipləri, yanaşma və üsulları müəyyən qədər mürəkkəbləşdirir. Ona görə də daşınmaz əmlak obyektinin təyinatı və məxsusiliyi baxımından qiymətləndirmə üsulunun seçimi həmin qiymətləndirmənin nə dərəcədə real və düzgün olmasının qarantıdır, desək, yanılmazıq.

**Qiymətləndirmə metodlarının analizi:** İqtisadi qeyri-sabitlik şəraitində, pul aktivlərinin köhnəlməsi dövründə daşınmaz əmlaka investisiyalar daimi gəlir gətirən və kapitalı qoruyan ən etibarlı və təhlükəsiz maliyyə investisiyası növü olaraq qalır. Daşınmaz əmlakın dəyəri səhmlərin dəyərindən daha az dəyişikliyə məruz qalır və təkcə kapital artımından deyil, həm də icarədən də mənfəəti təmin edir. Daşınmaz əmlak qanunla daşınmaz kimi tanınan əmlak növüdür. Mənşəyinə görə daşınmaz əmlaka torpaq sahələri, yerin təki sahələri və torpağa möhkəm bağlı olan hər şey, yəni təyinatına qeyri-mütənasib zərər vermədən hərəkəti mümkün olmayan obyektlər, o cümlədən binalar, tikililər, tikintisi başa çatmamış obyektlər daxildir.

Daşınmaz əmlakın qiymətləndirilməsinə üç yanaşma mövcuddur: müqayisəli, xərc və gəlir yanaşmaları. Hər bir yanaşmanı daha ətraflı nəzərdən keçirəcəyik.

**Müqayisəli yanaşma (Bazar yanaşması).** Müqayisəli yanaşma bazar satışlarının təhlilinə əsaslanır və bazar iqtisadiyyatı şəraitində əksər daşınmaz əmlakın qiymətləndirilməsi üçün əsasdır. O, qiymətləndiricinin asanlıqla əldə edə biləcəyi bazar məlumatlarına söykənir və obyektin qiyməti haqqında sadə, məntiqi mühakimə yürütməyə imkan verir. Müqayisəli yanaşmada ən çox yayılmış üsul birbaşa müqayisəli satış təhlili üsuludur.

Daşınmaz əmlakın dəyərinin qiymətləndirilməsinə müqayisəli yanaşmanın tətbiqi texnologiyası beş mərhələdən ibarətdir:

- müqayisəli məlumatların toplanması;
- əməliyyatların öyrənilməsi və müqayisə olunan obyektlərin seçilməsi;
- müvəqqəti korreksiyalar (düzəlişlər);
- müqayisə edilə bilən daşınmaz əmlaklarda fərqlərin tənzimlənməsi;
- daşınmaz əmlakın dəyəri barədə qərar qəbul etmək.

Müqayisəli yanaşmada qiymətləndirici qiymətləndirilən obyektin dəyərini oxşar daşınmaz əmlakın orta bazar qiyməti ilə müqayisə edir. Mənzil və iş ofislərini qiymətləndirərkən bu yanaşmadan istifadə etmək çox rahatdır. Bu onunla izah olunur ki, daşınmaz əmlak bazarında oxşar xüsusiyyətlərə malik daşınmaz əmlak tapmaq kifayət qədər asandır. Üstəlik, hər bir obyektin öz iqtisadi üstünlükləri və mənfəət cəhətləri var. Hesabata düzəlişlər edilməklə onlar ekspert tərəfindən nəzərə alınır və qiymət reala uyğunlaşdırılır.

Orta bazar qiyməti oxşar daşınmaz əmlakla artıq başa çatdırılmış təkliflər və ya əməliyyatlar əsasında hesablanır. Bu zaman ekspert əməliyyatlar və obyektlərin satış dəyəri haqqında açıq məlumatlardan istifadə edir [3].

Qiymətləndirilən əmlak aşağıdakı meyarlara görə analoqlarla müqayisə edilir:

- yer;
- əmlakın növü, istifadə şərtləri;
- tikinti ili;
- aşınma;
- ölçülər, mərtəbələrin sayı, plan;
- texniki xüsusiyyətlər (fiziki vəziyyət, təmirin olması/olmaması);
- kommunikasiyaların mövcudluğu/yoxluğu, onların vəziyyəti;
- nəqliyyat əlçatanlığı;
- əmlakı əhatə edən infrastruktur və s.

Müqayisə üçün qiymətləndirilən əmlaka analoji obyektlər seçilir. Düzgün seçim etmək üçün ekspert bazar segmentini öyrənir və bütün qiymət amillərini nəzərə alır [4].

Müqayisəli yanaşma aşağıdakı əsas qiymətləndirmə üsullarını əhatə edir:

1. Müqayisəli təhlil. Bu üsul yüksək qiymətləndirmə dəqiqliyini təmin edir.
2. Statistik metodlardan istifadəni nəzərdə tutan bazar qiymətlərinin modelləşdirilməsi (məsələn, regressiya təhlili). Onların köməyi ilə ekspert obyektin satış qiyməti ilə ona təsir edən parametrlər arasında əlaqəni müəyyən edir. Müqayisəli yanaşma bizə öyrənilən obyekt üçün onun parametrlərini nəzərə alaraq ədalətli qiymət təyin etməyə imkan verir.

Respublikamızın bütün bölgələrində daşınmaz əmlak bazarının inkişafı nisbətən ləng getsə də, demək olar ki, Bakı və Abşeron yarımadasında daşınmaz əmlak bazarı inkişaf mərhələsindədir. Keçən əsrin 90-cı illərindən formalaşmağa başlayan daşınmaz əmlak bazarı hələ də lazımi səviyyəyə çatmır. Buna baxmayaraq lazımi xüsusiyyətlərə malik əmlak tapmaq mümkündür. Məhz bu baxımdan, müqayisəli yanaşma ilə daşınmaz əmlak obyektinin qiymətləndirilməsi məqsədilə, müvafiq analoji əmlak seçmək imkanları vardır.

Daşınmaz əmlak variantlarının seçimi məhduddursa, qiymətləndirmə aparmaq üçün kiçik düzəlişlər-korreksiyalar edilə bilər. Tutaq ki, 3-cü mərtəbədə yerləşən pərakəndə satış sahəsinin bazar qiyməti haqqında hesabat lazımdır. Binadakı mərtəbələrin ümumi sayı 6-dır. Bu halda, müqayisə üçün qiymətləndirici 2-ci və ya 4-cü mərtəbələrdəki analoji 6 mərtəbəli binalardakı pərakəndə ticarət obyektlərini nəzərdən keçirə bilər. Əlbəttə ki, bu halda 1-ci və sonuncu mərtəbədəki obyekt müqayisə predmeti ola bilməz. Çünki bu cür variantlar ekvivalent deyildir.

Ümumiləşdirərək qeyd edə bilərik ki, bu metodla daşınmaz əmlak obyektlərinin qiymətləndirilməsi nisbətən sadə analitik yanaşma tələb etsə də, əsas çətinliyi analoji variantın tapılmasıdır. Hansı ki, bu müqayisə variantı da, yuxarıda sadaladığımız əmlak xüsusiyyətlərinə görə kifayət qədər müxtəliflik təşkil edəcək ki, bunlar da yekun qiymətləndirməyə korreksiyalar tələb edəcək.

**Xərclərə görə yanaşma (xərc yanaşması).** Xərc yanaşması qiymətləndiricinin müxtəlif növ xərcləri nəzərə alınmaqla hesablamalar aparmasını özündə ehtiva edir. Bu hesablamalar obyektin tikintisi, yenidən qurulması və modernləşdirilməsi üçün çəkilən xərclərin cəmindən formalaşır. Daşınmaz əmlakın istismar müddəti (yaşı), aşınması və digər parametrlər də bu hesablamalarda nəzərə alınır. Dəyəri müəyyən etmək üçün xərc yanaşması müqayisəli yanaşmada müqayisə üçün analoji variant tapmaq çətin olduğu aşağıdakı daşınmaz əmlak növlərinə tətbiq edilir [8]:

1. Yenidən istismara verilmiş, habelə az vaxt ərzində istismarda olan binalar. Belə daşınmaz əmlak haqqında, adətən, müqayisə predmeti olacaq məlumatların tapılması çox çətin olur.
2. Xüsusi obyektlər; anbarlar, istehsalat sexləri, kollektiv toplaşma obyektləri və s.
3. Tarixi və mədəni tikililər, habelə xüsusi təyinatlı ərazidə yerləşən daşınmaz əmlak.
4. Yaşayış və kommersiya birgə təyinatlı obyektlər.
5. İnvestisiya və ya rekonstruksiya tələb edən daşınmaz əmlak.

Xərclər yanaşmasına görə, daşınmaz əmlak obyektinin ( $C_{ob}$ ) ümumi dəyəri torpaq sahəsinin ( $C_{ts}$ ) dəyərinin və daşınmaz əmlak obyektinin ( $C_b$ ) bərpa dəyərinin (bərpaasının və ya təkrar istehsalının dəyərinin) toplanılmış aşınma ( $C_{aş}$ ) mənfi nəticəsi kimi müəyyən edilir [4]:

$$C_{ob} = C_{ts} + C_b - C_{aş} \quad (1)$$

Qiymətləndirilən binanın bərpa dəyərinin (əvəzetmənin dəyərinin) müəyyən edilməsi birbaşa və dolayı xərclərin yeni tikintisinin dəyərinə daxil edilməsinə əsaslanır.

Xərc yanaşmasından istifadə edərək qiyməti hesablamaq üçün qiymətləndirmə mövzuna kapital qoyuluşunun məbləği də lazımdır. Bu vəsait obyektin analoqlarla müqayisə üçün uyğun hala gətirilməsi üçün kifayət etməlidir. Xərc yanaşması ilə buna daşınmaz əmlakın dəyərinin qiymətləndirilməsinin dörd əsas metodundan birini istifadə etməklə nail olmaq olar:

1. Bərpa dəyəri metodu tamamilə və ya qismən dağılmış daşınmaz əmlakın qiymətləndirilməsi üçün istifadə olunur. Bu zaman obyekti bərpa etmək üçün çəkiləcək xərclərin həcmi hesablanır.

2. Xərclərin əvəzetmə metodu obyektin tam dəyişdirilməsi üçün kifayət edəcək xərclərin məbləğinin müəyyən edilməsini nəzərdə tutur. Həmçinin, yeni əmlak öz parametrlərinə görə köhnəsinə tam uyğun olmalıdır [10].

3. Xərc yanaşması ilə rekonstruksiya (yenidənqurma) dəyəri metodu obyektin modernləşdirilməsi üçün zəruri olan xərclərin həcmnin tapılmasını nəzərdə tutur.

4. Təkrar istehsal xərcləri metodu obyektin təkrar istehsalı üçün zəruri olan xərclərin miqdarının müəyyən edilməsini nəzərdə tutur. Metod hesablamaların tikinti materialları və işlərin cari qiymətləri əsasında aparılmasını nəzərdə tutur.

Göründüyü kimi, bu yanaşma metodunda da özünəməxsus çətinlik və mürəkkəblik vardır. Xərc yanaşması elə bir fərziyyəyə əsaslanır ki, aşınma dəyəri (köhnəlmə) çıxılmaqla əmlakın tikintisinin dəyəri, torpağın dəyəri ilə birləşərək, əmlakın dəyərinin müəyyən edilməsi üçün məqbul qiymətləndirmə metodudur. Xərc yanaşması qiymətləndirilən əmlakın tam bərpası və ya tam dəyişdirilməsi xərclərinin qiymətləndirilməsini, sonra fiziki, mənəvi və iqtisadi köhnəlmə məbləğinin çıxılmasını və nəhayət, işlənmiş torpaq sahəsinin bazar dəyərinin nəticədə əldə edilən məbləğə əlavə edilməsini əhatə edir. Xərc yanaşması hazırda obyektlərin (tikinti və torpaq sahəsi) vergitutma və ya həbs ediləcək əmlak kompleksinin bir hissəsinin qiymətinin müəyyən edilməsi zərurəti yarandıqda fiziki şəxslərin əmlakının vergiyə cəlb edilməsi və ya daşınmaz əmlakın üzərinə həbs qoyulması üçün istifadə olunur. Xərc yanaşmasının elementləri mənfəət vergisi üçün daşınmaz əmlakın qiymətləndirilməsi zamanı da istifadə olunur, çünki daşınmaz əmlak obyektinin amortizasiyası bu obyektədən əldə edilən gəlirin miqdarını azaldır.

Xərc yanaşması aşağıdakı hallarda tətbiq edilir:

- 1) yeni tikintinin texniki-iqtisadi əsaslandırılması zamanı;
- 2) torpaq sahəsindən ən yaxşı və səmərəli istifadəni təyin edərkən;
- 3) daşınmaz əmlakın profilini təyin edərkən;
- 4) müxtəlif üsullarla alınmış əmlakın dəyər növləri razılaşdırılarkən;
- 5) xüsusi təyinatlı binaların qiymətləndirilməsi zamanı;
- 6) bazarın "passiv" sektorlarında daşınmaz əmlakın qiymətləndirilməsi zamanı;
- 7) sığorta üçün.

**Gəlir yanaşması.** Kommersiya əmlakının bazar dəyərini müəyyən etmək üçün qiymətləndirmə təcrübəsində gəlir yanaşmasından geniş istifadə edilir. Bu, əmlakın kommersiya məqsədləri üçün istismarının gətirə biləcəyi mümkün mənfəət miqdarının hesablanması əhatə edir.

Gəlir yanaşması daşınmaz əmlakın qiymətləndirilməsinin üç prinsipinə əsaslanır [4]:

- 1) gözləmə prinsipi;
- 2) tələb və təklif prinsipi;
- 3) əvəzetmə prinsipi.

Gəlir yanaşmasının mahiyyəti ondan ibarətdir ki, o, əmlakın istifadəsindən gələcək gəlirin dəyərinin müəyyən edilməsi ilə bağlıdır [5]. Gəlirlərin qiymətləndirilməsi yanaşmasından istifadə texnologiyası beş mərhələdən ibarətdir:

- 1) gələcək ümumi gəlirin müəyyən edilməsi;
- 2) əməliyyat xərclərinin çıxılması;
- 3) xalis (əməliyyat) gəlirinin müəyyən edilməsi və tənzimlənməsi;
- 4) qiymətləndirmə və qudvil multiplikatoru;
- 5) əmlakın son dəyərinin müəyyən edilməsi.

Daşınmaz əmlakın qiymətləndirilməsində gəlir yanaşmasının əsaslandığı 4 əsas konsepsiya vardır:

1. Rəqabətli qiymət konsepsiyası. Bu prinsip müqayisəli yanaşma ilə bir qədər üst-üstə düşür. Qiymətləndirici qiymətləndirilən obyekti oxşar xüsusiyyətlərlə müqayisə edir. İcarə dərəcələri, satış qiymətləri və gəlirliliklə bağlı digər parametrlər müqayisə edilir.
2. Gəlir gözləntiləri anlayışı. Bu halda obyektin əldə edə biləcəyi gəlirin miqdarı proqnozlaşdırılır. Bura satışdan, kirayədən və daşınmaz əmlakın əldə etdiyi digər gəlir növlərindən gəlirlər daxildir.

3. Risk və gəlir anlayışı. Kommersiya obyektinə investisiya qoyulması riskləri araşdırılır. Eyni zamanda nəzərə alınır ki, risk dərəcəsi daha yüksək olan daşınmaz əmlakdan daha yüksək gəlirlər gözlənilir.

4. Zaman dəyəri anlayışı. Bu halda daşınmaz əmlakın biznes istifadəsindən hazırda əldə etdiyi mənfəətin gələcək mənfəətdən daha dəyərli olması əsasında qiymətləndirilir. Yəni, qiymətləndirmə müxtəlif dövrlərdə (indiki və gələcək) qiymət elementini nəzərə alır.

Gəlir yanaşması üçün proqnozlaşdırma həddi ən azı 5 ildir. Buna görə də obyektin dəyərinin müəyyən edilməsində təcrübə xüsusi rol oynayır. Daşınmaz əmlakın qiymətinə təsir edən aşağıdakı amillər mütləq nəzərə alınmalıdır:

- inflyasiya dərəcəsi;
- əməliyyat xərcləri;
- valyuta məzənnələrində dəyişikliklər;
- qanunvericilik yenilikləri;
- bazarda dəyişikliklər və s.

Gəlir metodundan istifadə edərək kommersiya əmlakının dəyərini təyin edərkən, böyük həcmdə məlumatlarla işləmək lazım gəlir. Qiymətləndiricilər analoji ticarət obyektlərindən istifadə təcrübəsini öyrənməli və gələcək üçün proqnoz verməlidirlər.

Gəlir yanaşması aşağıdakı üsulların istifadəsini nəzərdə tutur:

1. Birbaşa kapitallaşma. Qiymətləndirmə üçün bu metod aşağıdakı düstura əsaslanır:

$$C_d = \frac{I_{il}}{K_g} \quad (2)$$

Burada,  $C_d$  - əmlakın dəyəri,

$I_{il}$  - onun istifadəsindən əldə edilən illik gəlir,

$K_g$  - bazar gəlir dərəcəsidir.

Birinci göstəricini (illik gəlir) tapmaq üçün ümumi icarə gəliri ilə əməliyyat xərcləri arasındakı fərq hesablamak lazımdır. Gəlir dərəcəsini müəyyən etmək üçün regionda oxşar əmlaklarla əməliyyatları təhlil edilir [9].

2. Pul vəsaitlərinin hərəkətinin diskontlaşdırılması. Metod daşınmaz əmlakın satışından və icarəsindən əldə edilən təxmin edilən gəlirin diskontlaşdırılmasına əsaslanır. Eyni zamanda, bütün mümkün riskləri və kapitalın dəyərini nəzərə almağı məsləhət görürük. Diskontlaşdırma metodundan istifadə etməklə ekspert zamanla pul vəsaitlərinin hərəkətində və bazarda baş verə biləcək bütün dəyişiklikləri nəzərə alır.

3. Gəlir kapitallaşması. Bu üsuldən icarəyə verilən mehmanxanaları, mənzilləri və yaşayış binalarını və s. qiymətləndirmək lazım olduqda istifadə olunur. Bu metoddan istifadə edərək daşınmaz əmlakın dəyəri aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$C_d = \frac{I_{il}}{K_k} \quad (3)$$

Burada,  $K_k$  - kapitallaşma dərəcəsidir.

Kapitallaşma dərəcəsi əmlakın istifadəsi ilə bağlı risklər və investisiya gəlirlərinin planlaşdırılan səviyyəsi ilə müəyyən edilir [5].

4. İcarə dərəcəsi. Metod kirayəçilərin oxşar əmlaklar üçün ödədiyi kirayə qiymətlərinin nəzərə alınmasına əsasən formalaşır.

Göründüyü kimi, gəlir yanaşması yalnız gəlir gətirən daşınmaz əmlakın, yəni yeganə məqsədi gəlir əldə etmək olan daşınmaz əmlakın qiymətləndirilməsi üçün istifadə olunur. Daşınmaz əmlaka sahib olmaqdan əldə edilən gəlirlər isə aşağıdakı formalarda əldə edilə bilər:

- cari və gələcək pul vəsaitləri daxilolmaları (dövri ödənişlər daxil olmaqla);
- cari və gələcək vergi qənaətləri;
- gələcəkdə satılan və ya ipoteka krediti ilə girov qoyulan daşınmaz əmlakın dəyərinin artırılmasından əldə edilən gəlir;
- gələcəkdə bu əmlakın satışı, dəyişdirilməsi və ya hədiyyə edilməsindən vergiyə qənaət;
- digər mümkün pul vəsaitləri daxilolmaları və müavinətlər.

**Nəticə və təkliflər.** Tədqiq edilən bütün bu metodların təhlili bizə göstərir ki, daşınmaz əmlak bazarının qeyri-sabitliyi, məlumatların çatışmazlıqları və qeyri-dəqiqliyi, eləcə də bir sıra texniki-iqtisadi amillər qiymətləndirmə prosesini çətinləşdirən başlıca amillərdir. Qiymətləndirmə üsullarının doğru seçilməsi və onların düzgün tətbiqi, daşınmaz əmlakın real qiymətləndirilməsi üçün olduqca əhəmiyyətlidir.

Aparığımız müqayisəli təhlil göstərdi ki, daşınmaz əmlakın düzgün qiymətləndirilməsi üçün ideal metod mövcud deyildir, ən azı iki metoddan birgə istifadə edilməlidir. Xüsusən, Azərbaycanda daşınmaz əmlak bazarı inkişaf mərhələsində olduğundan və daşınmaz əmlakın qiymətləndirilməsində istifadə edilən qərb təcrübəsinin yerli tətbiqində yaranan təzadlar daşınmaz əmlak obyektlərinin qiymətləndirilməsi üçün müasir yanaşmaların tətbiqini, yerli şəraitə uyğun olaraq müxtəlif yanaşmaların birləşdirilməsini qaçılmaz edir.

Daşınmaz əmlakın qiymətləndirilməsi üçün uyğun yanaşmaların təyini məqsədlə ilk növbədə daşınmaz əmlak obyektinin təyinatı, yeri, inşaasında istifadə olunan tikinti materialları, istismar müddəti, tikilinin aşınmaları (köhnəlmələr), ərazinin planlaşdırma və məskunlaşma səviyyələri, hüquqi aspektlər və s. bütün amillər nəzərə alınmalıdır. Yalnız bu mərhələlərdən sonra qiymətləndirmə hesabatlارının hazırlanmasına keçilə bilər.

Əminliklə demək olar ki, qiymətləndirmədə istifadə olunacaq yanaşma və metodların müəyyən edilməsi, seçilmiş yanaşmadan istifadə etməklə qiymətləndirmənin aparılması daşınmaz əmlakın dəyərinin müəyyən edilməsi prosesində mühüm rol oynayır və nəticələrin dəqiqliyinin qarantıdır.

## İstinadlar

1. Azərbaycan Respublikası. (2001). Dövlət satınalmaları haqqında qanun. Bakı.
2. Azərbaycan Respublikası. (1998). Qiymətləndirmə fəaliyyəti haqqında qanun. Bakı.
3. Azərbaycan Respublikası. (2008). Qiymətləndirmə fəaliyyəti haqqında qanunvericilik təminatı. Bakı.
4. Yusifov, M. Z. (2022). Daşınmaz əmlakın qiymətləndirilməsi (Mühazirə materialları). AzMİU. 127 s.
5. Yusifov, M. Z., & Pirmətov, S. Ş. (2019). Daşınmaz əmlak obyektlərinin gəlirlərə görə qiymətləndirilməsi. Ekologiya və su təsərrüfatı.
6. Bulanov, N. V. (2004). Rynok nedvizhimosti: sostoyanie i perspektivy razvitiya. Mezhdunarodnaya akademiya otsenki i konsaltinga.
7. Goremiqin, V. A. (2009). Ekonomika nedvizhimosti (Uchebnik). Informatsionno-izdatelskiy dom "Filin".
8. Gryaznovoy, A. G. (2003). Otsenka nedvizhimosti (Uchebnik, A. G. Gryaznovoy & M. A. Fedotova, Eds.). Finansy i statistika.
9. Drapikovskiy, A. I., Ivanova, I. B., Isaev, N. B., Ignatenko, N. S., Lukashova, I. V., Mokrousov, N. V., & Romanenko, L. V. (2007). Otsenka nedvizhimosti (2nd ed.). Ega-Basma.
10. Radchenko, N. V. (2014). Otsenka nedvizhimosti (Uchebno-metodicheskiy kompleks po uchebnoy distsipline otsenka nedvizhimosti). BGU.
11. Shcherbakova, N. A. (2002). Ekonomika nedvizhimosti (Uchebnoe posobie). Feniks.
12. Zhivemvrossii.com. (n.d.). Sravnitel'nyy podkhod. Retrieved from <https://zhivemvrossii.com/otsenka-nedvizhimosti/sravnitelnyj-podhod.html>

13. Uphill.ru. (n.d.). Dokhodnyy podkhod v otsenke nedvizhimosti. Retrieved from <https://www.uphill.ru/press-czentr/stati/dohodnyiy-podhod-v-otsenke-nedvizhimosti/>
14. Myestate.club. (n.d.). Podkhod pri otsenke nedvizhimosti. Retrieved from <https://myestate.club/finansy/podhod-pri-otsenke-nedvizhimosti.html>
15. Otsenka-krasnodar.ru. (n.d.). Printsipy otsenki nedvizhimosti. Retrieved from <https://otsenka-krasnodar.ru/printsipy-otsenki-nedvizhimosti/>
16. Inex.company. (n.d.). Podkhody i metody otsenki nedvizhimosti. Retrieved from <https://inex.company/stati/podhody-i-metody-ocenki-nedvizhimost>

## References

1. Republic of Azerbaijan. (2001). Law on State Procurement. Baku.
2. Republic of Azerbaijan. (1998). Law on Valuation Activities. Baku.
3. Republic of Azerbaijan. (2008). Legislative Provision on Valuation Activities. Baku.
4. Yusifov, M. Z. (2022). Real Estate Valuation (Lecture Materials). AzMIU. 127 p.
5. Yusifov, M. Z., & Pirmetov, S. Ş. (2019). Real Estate Valuation of Property Based on Income Approach. Ecology and Water Management.
6. Bulanova, N. V. (2004). Real Estate Market: State and Development Prospects. International Academy of Valuation and Consulting.
7. Goremikin, V. A. (2009). Economics of Real Estate (Textbook). Information and Publishing House "Filin".
8. Gryaznovoy, A. G. (2003). Real Estate Valuation (Textbook, A. G. Gryaznovoy & M. A. Fedotova, Eds.). Finance and Statistics.
9. Drapikovskiy, A. I., Ivanova, I. B., Isaev, N. B., Ignatenko, N. S., Lukashova, I. V., Mokrutsov, N. V., & Romanenko, L. V. (2007). Real Estate Valuation (2nd ed.). Ega-Basma.
10. Radchenko, N. V. (2014). Real Estate Valuation (Educational Methodological Complex for the Course "Real Estate Valuation"). BGU.
11. Shcherbakova, N. A. (2002). Real Estate Economics (Textbook). Phoenix.
12. Zhivemvrossii.com. (n.d.). Comparative Approach. Retrieved from <https://zhivemvrossii.com/otsenka-nedvizhimosti/sravnitelnyj-podhod.html>
13. Uphill.ru. (n.d.). Income Approach in Real Estate Valuation. Retrieved from <https://www.uphill.ru/press-czentr/stati/dohodnyiy-podhod-v-otsenke-nedvizhimosti/>
14. Myestate.club. (n.d.). Approach in Real Estate Valuation. Retrieved from <https://myestate.club/finansy/podhod-pri-otsenke-nedvizhimosti.html>
15. Otsenka-krasnodar.ru. (n.d.). Principles of Real Estate Valuation. Retrieved from <https://otsenka-krasnodar.ru/printsipy-otsenki-nedvizhimosti/>
16. Inex.company. (n.d.). Approaches and Methods of Real Estate Valuation. Retrieved from <https://inex.company/stati/podhody-i-metody-ocenki-nedvizhimosti>

*Məqaləyə istinad: Yusifov, M. Z., Rəhimov, E. M., & Məmmədov, A. Ş. (2025). Daşınmaz əmlakın qiymətləndirilməsi metodlarının müqayisəli təhlili. Elmi Əsərlər/Scientific Works, 1, 106–112*

*For citation: Yusifov, M. Z., Rahimov, E. M., & Mammadov, A. S. (2025). Comparative analysis of real estate valuation methods. Elmi Əsərlər/Scientific Works, 1, 106–112*

Redaksiyaya daxil olma/Received 10.10.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 10.12.2024



## NANO-SI/H<sub>2</sub>O SİSTEMİNDƏ SUYUN RADİASIYA-TERMİKİ PARÇALANMASININ FURYE İNFRAQIRMIZI SPEKTROSKOPİYA TƏDQIQI

**Bəşirova Sevinc Məmmədhasən qızı**- f.ü.f.d., Təbii Ehtiyatların Kosmik Tədqiqi İnstitutu,  
bashirovasevinc1@gmail.com

**Xülasə.** İonlaşdırıcı şüaların nanohissəciklərə təsiri, materialların kimyəvi və fiziki xüsusiyyətlərini dəyişdirə bilər. Furiye infraqırmızı spektroskopiyası vasitəsilə bu proseslərin tədqiqi, nanomaterialların radiasiya mühitindəki davranışını daha yaxşı anlamağa və yeni tətbiq sahələrinin inkişafına yol açır. Bu tədqiqat, həm elmi, həm də praktiki baxımdan əhəmiyyət kəsb edir. Si/H<sub>2</sub>O (50, 100, 300-500 nm) yaradılan sistemlərdə gedən termiki və ionlaşdırıcı şüaların (<sup>60</sup>Co, P=18,17 rad/san, T=300K, 373, 473, 573, 623 və 673K) təsirlə radiasiya-termiki proseslər zamanı alınan məhsullar və aralıq məhsulları tədqiq etmək üçün Furiye infraqırmızı spektroskopiyasından istifadə edilmişdir. İonlaşdırıcı şüaların təsiri ilə nano-Si/H<sub>2</sub>O heterosistemində otaq temperaturunda (T=300K) suyun parçalanması zamanı aralıq - aktiv məhsullar (hidridlər və hidroksil qruplar) əmələ gəlməsi müəyyən edilmişdir.

**Açar sözlər:** qamma şüalanma, nanohissəcik, radioliz, Furiye infraqırmızı spektrometri

## STUDY OF RADIATION-THERMAL DECOMPOSITION OF WATER IN THE NANO-SI/H<sub>2</sub>O SYSTEM USING FOURIER INFRARED SPECTROSCOPY

**Bashirova Sevinj Mammadhasan**- PhD in physics, Institute of Natural Resources,  
bashirovasevinc1@gmail.com

**Abstract.** The effect of ionizing radiation on nanoparticles can change the chemical and physical properties of materials. The study of these processes by means of Fourier infrared spectroscopy leads to a better understanding of the behavior of nanomaterials in the radiation environment and the development of new fields of application. This research is important from both scientific and practical point of view. Radiation-thermal under the influence of thermal and ionizing rays (<sup>60</sup>Co, P=18.17 rad/sec, T=300K, 373, 473, 573, 623 and 673K) in the systems created in Si/H<sub>2</sub>O (50, 100, 300-500 nm) Fourier infrared spectroscopy was used to study the products and intermediates obtained during the processes. The formation of intermediate - active products (hydrides and hydroxyl groups) during water splitting at room temperature (T=300K) in the nano-Si/H<sub>2</sub>O heterosystem under the influence of ionizing rays was determined.

**Keywords:** gamma radiation, nanoparticle, radiolysis, Fourier infrared spectrometer

**Introduction.** Fourier infrared spectroscopy of nanoparticles is a powerful tool for the study of materials at the micro- and nanoscale, with broad applications in modern science.

There are various methods exist for investigating the intermediate products and end products resulting from the radiation-induced heterogeneous processes during the decomposition of water in metal and metal oxide/water systems of different sizes (nano-, micro-, and porous). One of these methods is infrared spectroscopy [1], [2]. This paper presents the results obtained from the spectroscopic investigation of radiation-thermal decomposition of water in the nano-Si/H<sub>2</sub>O system.

**Methodology.** Using the Fourier infrared spectroscopy method, intermediate products such as silicon hydrides and hydroxyl groups obtained from the radiation-thermal decomposition of water in

the nano-Si/H<sub>2</sub>O systems were recorded in the temperature range of  $T=300$ - $673$ K. The effect of  $\gamma$ -quanta ( $T=473$ K,  $D=4$  kQr) on the nano-Si/H<sub>2</sub>O system was examined, and changes in the absorption bands of water molecules and OH groups were observed.

In Figure 1, the infrared spectra of the surface-treated nano-Si (curve 1) and the adsorption of water on the nano-Si surface (curve 2) recorded at room temperature ( $T=300$ K) are presented. From both curves (curve 1 and 2), it can be seen that the surface of the thermally treated nano-Si sample is clean, with no absorption bands corresponding to water and hydrocarbon compounds observed on its surface. Water molecules on the silicon surface exist in a dissociative and molecular adsorbed state, coordinated with an unsaturated coordination number (Si) and partly on positive Si<sup>+</sup> centers. On the other hand, the spectra obtained after irradiating the systems created by the adsorption of water on the nano-Si surface with  $\gamma$ -quanta at doses of 25 kQr at temperatures of  $T=300$  (3), 473 (4), and 673K (5) are shown in Figure 1.

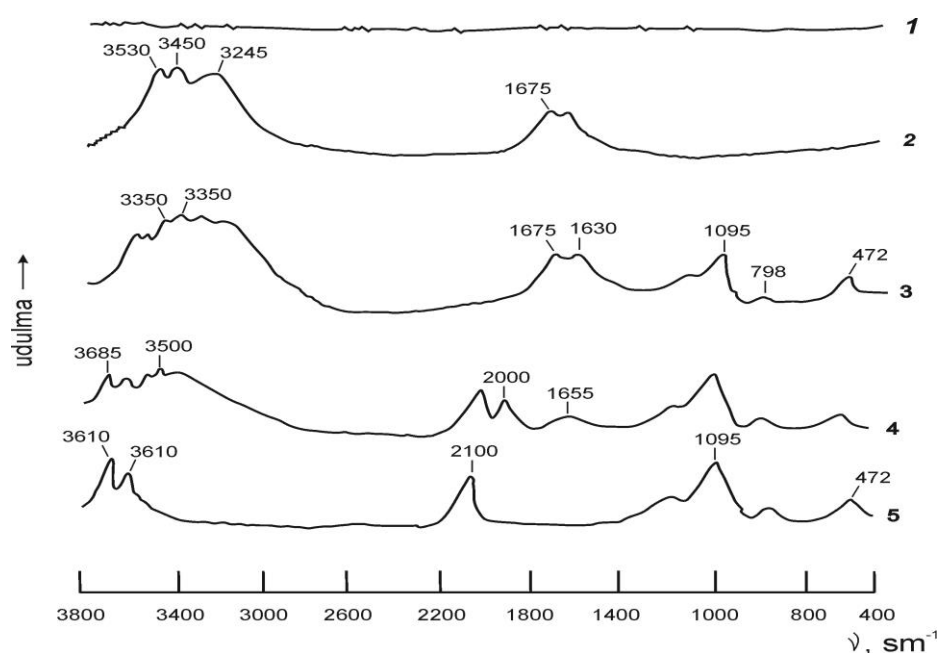


**Figure 1.** Fourier infrared spectra obtained from the surface-treated nano-Si (1), the system created by the adsorption of water on the nano-Si surface (2), and the systems created by the adsorption of water on the nano-Si surface after irradiation with  $\gamma$ -quanta at a dose of 25 kQr at temperatures of  $T=300$  (3), 473 (4), and 673K (5)

**Results and discussions.** In the unirradiated heterosystem, after the adsorption of water, absorption bands ( $3500$ - $3000$   $\text{cm}^{-1}$ ) are observed on the surface of nano-Si, indicating the occurrence of molecular adsorption of OH groups in the region of vibrational modes (maximum broad intense band at  $3245$   $\text{cm}^{-1}$ ) and dissociative chemisorption (maximum narrow bands at  $3450$  and  $3530$   $\text{cm}^{-1}$ ) (curve 2). The occurrence of these two types of adsorption is confirmed by the presence of absorption bands with maxima at  $1630$  and  $1675$   $\text{cm}^{-1}$  in the deformation mode region of the OH vibrations.

At room temperature ( $T=300$ K), under the influence of  $\gamma$  - quantum, water splitting products and active intermediates are formed in nano-Si/H<sub>2</sub>O heterosystems (curve 3). Among these products, surface hydrides of silicon are of particular interest. In the spectrum, the maximum absorption bands at  $2100$  and  $2000$   $\text{cm}^{-1}$  in the frequency range of  $2000$ - $1700$   $\text{cm}^{-1}$  indicate the presence of Si – H valence oscillations, as well as the formation of Si – H and Si – H<sub>2</sub> type silicon hydrides. Among them, Si – H<sub>2</sub> has a more stable form. It was not possible to record the absorption bands of intermediate active products containing oxygen, because those bands and the absorption bands of valence oscillations of Si – O ( $\nu=1200$  –  $900$   $\text{cm}^{-1}$ ) cover each other. During water splitting, maximum absorption bands of  $472$ ,  $798$ ,  $1025$   $\text{cm}^{-1}$  (curve 3) are observed in the region of  $\nu=1400$ - $400$   $\text{cm}^{-1}$ , which belong to Si – O and Si – O – Si symmetric and asymmetric valence oscillations. This also

indicates the oxidation of the nano-Si surface, as the intensity of these bands increases with the increase of the decomposition temperature (curve 4, 5).

Absorption of hydroxyl groups during thermal and radiation-thermal decomposition of water under the influence of  $\gamma$  - quanta ( $P=18.17$  rad/sec) and temperature ( $T=300, 373, 473, 573, 623$  and  $673$  K) in the Nano-Si/ $H_2O$  system Kinetic dependences of relative optical densities ( $D/D_0$ ) of the bands on contact time were studied. Figure 2 shows the dependences of the thermal (dotted) decomposition of water at  $T=473$ K.

With the increase of the contact time, there is an increase of hydrogen-bonded OH – groups ( $\nu=3685$   $cm^{-1}$ ). Comparative analysis shows that the rate of decomposition of H-bonded groups (curve 1) and collection of isolated OH-groups (curve 2) in the radiation-thermal process is greater than the rate of decomposition in the thermal process (curve 1', 2'). This shows the stimulating role of radiation and agrees with the values of molecular hydrogen generation rate and energy output [3].

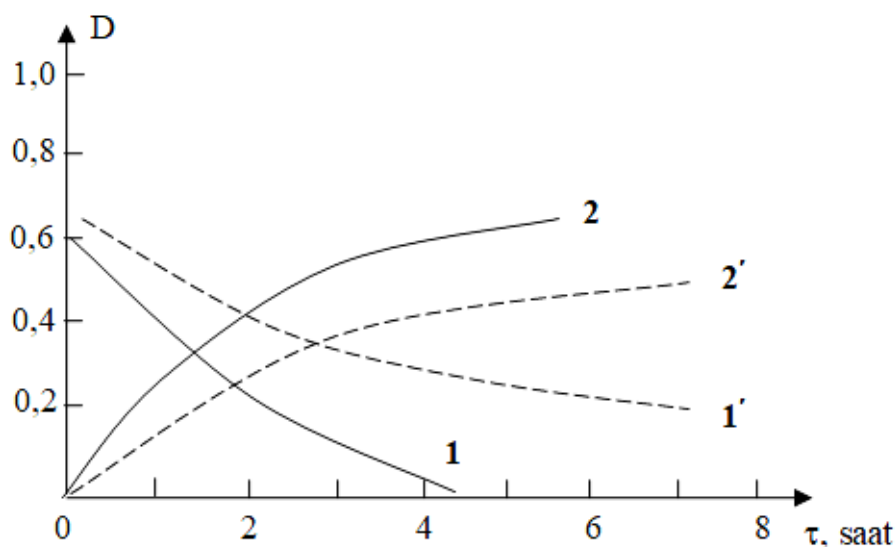


**Figure 2.** H-bond (1, 1') during radiation-thermal (1,2) and thermal (1', 2') splitting of water in Nano-Si/ $H_2O$  system ( $T=473$ K) and time dependence of relative optical densities of absorption bands of isolated OH groups (2', 2')

**Conclusion.** When studying the radiation-thermal decomposition of water in the Nano-Si/ $H_2O$  system by Fourier Infrared spectroscopy, we can summarize the following ideas:

1. It was determined that the rate of decomposition of H-bonded groups and the collection of isolated OH-groups during the radiation-thermal decomposition of water in the nano-Si/ $H_2O$  system is greater than the rate of decomposition in the thermal process. This also shows the stimulating role of radiation and agrees with the values of molecular hydrogen generation rate and energy output.

2. It was determined that intermediate active products (hydrides and hydroxyl groups) are formed during water splitting at room temperature ( $T=300$ K) in the nano-Si/ $H_2O$  heterosystem under the influence of  $\gamma$  -quanta.

## References

1. Agayev, T. N., Gadzhieva, N. N., Melikova, S. Z., İmanova, G. T., & Faradjade, I. A. (2018). An IR spectroscopic study of the gamma radiation on the nano- $ZrO_2$  + nano- $SiO_2$  +  $H_2O$  systems. *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surface*, 54(5), 813-816.
2. Agayev, T. N., Gadzhieva, N. N., & Melikova, S. Z. (2018). Fourier transform IR spectroscopic study of nano- $ZrO_2$  + nano- $SiO_2$  +  $H_2O$  systems upon the action of gamma radiation. *Journal of Applied Spectroscopy*, 85(2), 365-369.

3. Агаев, Т. Н., Гаджиева, Н. Н., & Меликова, С. З. (2017). Радиационное разложение воды в системе  $n\text{-ZrO}_2 + n\text{-SiO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ . In Международный форум «Ядерная наука и технологии», посвященный 60-летию Института Ядерной физики (pp. 96-98).
4. Bashirova, S. M., Jafarov, Y. D., & Aliyev, S. M. (2017). Dependence of the yield of molecular hydrogen obtained from radiation-heterogeneous decomposition of water on particle size of silica and filling rate of particle surface of water in  $\text{Si} + \text{H}_2\text{O}$  system by the influence of gamma-quanta. Azerbaijan National Academy of Sciences Institute of Radiation Problems, Journal of Radiation Researches, 4(2), 16-23.
5. Джафаров, Я. Д., Баширова, С. М., Гарибов, А. А., & Эюбов, К. Т. (2019). Получение молекулярного водорода, образованного термическим и радиационно-термическим превращением воды в системе  $\text{nano-Si} + \text{H}_2\text{O}$ . Вопросы атомной науки и техники (ВАНТ), Национальный научный центр "Харьковский физико-технический институт", 1, 55-60.
6. Баширова, С. М. (2019). Влияние массы кремния на процесс радиоллиза, протекающего при воздействии  $\gamma$ -квантов на суспензионную систему  $\text{nano-Si}/\text{H}_2\text{O}$ . In EurasiaScience XXV Международная научно-практическая конференция (pp. 3-4). Научно-издательский центр "Актуальность.РФ".
7. Bashirova, S. (2024). Fourier Infrared Spectroscopy study of radiation-thermal water decomposition in  $\text{Nano-Si}/\text{H}_2\text{O}$  system. In 21st international conference on defects in insulating materials – ICDIM 2024, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 19-23 August 2024.
8. Jafarov, Y. D., Bashirova, S. M., Mardanov, I. J., & Imanova, G. T. (2023). Obtaining molecular hydrogen from water radiolysis in the  $\text{nano-SiO}_2$  ( $d = 20 \text{ nm}$ ) /  $\text{H}_2\text{O}$  system under the influence of  $\gamma$ -quanta. Cambridge University Press, Experimental Results UK, 1-11.
9. Qəribov, A. A., Ağayev, T. N., Bəşirova, S. M., İmanov, G. T., Əliyev, A. Q., & Cəfərov, Y. D. (2024). Mechanism of hydrogen production in the processes of radiation-heterogeneous splitting of water with the presence of nano-metal and  $\text{Nano-MeO}_1$ . East European Journal of Physics, 460-475.
10. Cəfərov, Y. D., Bəşirova, S. M., İmanova, G. T., & Əliyev, S.M. (2023). Study of molecular hydrogen in the  $\text{nano-SiO}_2$  /  $\text{H}_2\text{O}$  system under the influence of  $\gamma$ -quanta. In X International Scientific Conference "Actual Problems of Solid State Physics" (APSSP-2023), Belarus, 22-26 May 2023 (p. 358).
11. Bashirova, S. M. (2022). The impact of silicon mass on the radiolysis process occurring under the influence of gamma-quanta on  $\text{nano-Si} / \text{H}_2\text{O}$  suspension system. In IV International Scientific Forum "NUCLEAR SCIENCE AND TECHNOLOGIES" dedicated to the 65th anniversary of the Institute of Nuclear Physics (pp. 106). Institute of Nuclear Physics Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan.
12. Bəşirova, S. M., & Cəfərov, Y. D. (2016).  $\text{Si} + \text{H}_2\text{O}$  sistemində suyun radiolizi prosesində kütlə effekti. Azərbaycan Milli Aerokosmik Agentliyinin xəbərləri, 2(19), 52-60.
13. Theophanides, T. (2012). Infrared Spectroscopy- Materials Science, Engineering and Technology, Introduction to Infrared Spectroscopy. National Technical University of Athens

*Məqaləyə istinad: Bəşirova, S.M. (2025). Nano-Si/H<sub>2</sub>O sistemində suyun radiasiya-termiki parçalanmasının Furye infraqırmızı spektroskopiyaya tədqiqi. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzMIU, 1, 113-116*

*For citation: Bashirova, S.M. (2025). Study of radiation-thermal decomposition of water in the Nano-Si/H<sub>2</sub>O system using Fourier infrared spectroscopy. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzUAC, 1, 113-116*

Redaksiyaya daxil olma/Received 11.09.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 11.11.2024

## GƏRGİNLİK BİRLƏŞMƏSİNİN SƏRTLİYİNİN TƏKMİLLƏŞDİRİLMƏSİ

**Həmidov Namiq Raqif oğlu**- t.e.n., baş müəllim, AzMİU, namikhamidov@gmail.com  
**Aslanov Zabit Yunus oğlu**-t.e.n., prof., Azərbaycan Dövlət İqtisad Universiteti (UNEC),  
aslanov.zabit@mail.ru

**Xülasə.** Sistemli yanaşmadan istifadə etməklə eksperimental tədqiqatlar aparılmışdır. Tədqiqatın nəticəsində bağlama şaftlarının sərtliyinin hesablanması təklif olunur. HM-500 mühərikinin kran valının iş prinsipləri araşdırılmışdır. Yarış motosikllərinin 2 silindirli kran valının komponentləri və yığılması göstərilmişdir. Ötürücü çarxın şafta qayka ilə konsul birləşməsi və gərginlik birləşməsinin hesablama diaqramı verilmişdir. Dartma şaftının konstruksiya diaqramı və onun uzunluğu b oyunca əyilmə momentinin paylanması müəyyən edilmişdir.

**Açar sözlər:** sürtünmə, val, sıxma qüvvəsi, gərginlik, vint, əyilmə momenti

## IMPROVING THE STIFFNESS OF THE TENSION JOINT

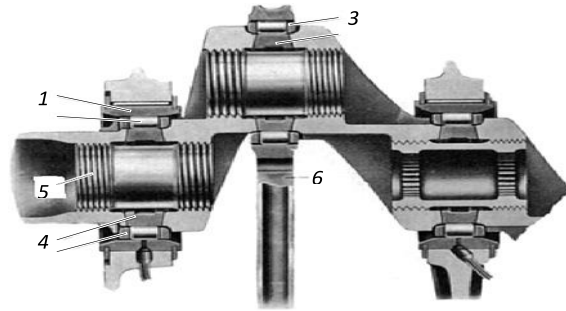
**Hamidov Namiq Ragif** – PhD in tech.sc., senior lecturer, AzUAC, namikhamidov@gmail.com  
**Aslanov Zabit Yunus** – PhD in tech sc., prof., Azerbaijan State University of Economics,  
aslanov.zabit@mail.ru

**Abstract.** An experimental study was conducted using a systematic approach. As a result of the research, it is proposed to calculate the stiffness of the fastening shafts. The operating principles of the HM-500 engine's crankshaft were investigated. Racing motorcycle 2-cylinder crankshaft components and assembly shown. The calculation diagram of the consul connection and tension connection of the gear wheel to the shaft nut is given. The construction diagram of the traction shaft and the distribution of the bending moment along its length b have been determined.

**Keywords:** friction, shaft, clamping force, tension, screw, bending moment

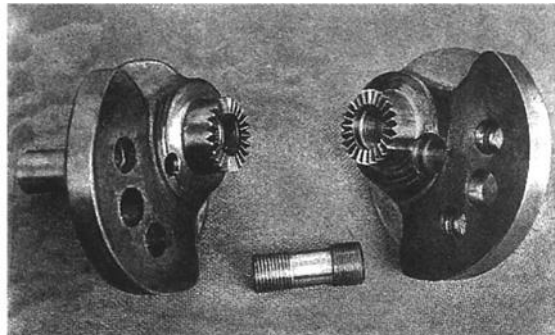
**Introduction.** Uzunluğu boyunca bir və ya daha çox bağlayıcıya malik olan, mərkəzi vida ilə bərkidilmiş və əyilmə anı ilə yüklənmiş içi boş bir mil adlandıracağıq. Gərginlik mili təkcə əyilmə anı ilə deyil, həm də fırlanma momenti ilə yüklənirsə, onun birləşmələrində son qapaqlar və ya əlcəklər verilir. Oxşar yivli birləşmələr pervane kollarının bərkidilməsi, turbomin rotorlarının bərkidilməsi [1], quyu generatorunun kompozit rotorunun hublarının bərkidilməsi [2] və digər hallarda istifadə olunur. Prokat dəyirmanlarının kompozit rulonları da gərginlik rulonları kimi hazırlanır. Sürtünmə itkilərinin azaldılması yarış avtomobili mühərrikinin birləşdirici çubuğunun və krank mexanizminin dizaynı üçün çox əhəmiyyətli bir tələbdir, çünki bu itkilər krank mili sürətinin artması ilə artır. İtkiləri azaltmağın ən təsirli üsulu dirsək şaftının əsas və birləşdirici çubuq jurnallarında rulmanlar əvəzinə yuvarlanan podşipniklərdən istifadə etməkdir. Bu halda, krank mili yığılmış vəziyyətdə edilməlidir.

**Metodologiya.** Əvvəlki müəlliflər kompozit krank mili hazırladı, onun hissələri diferensial sancaqlar tərəfindən eksenel olaraq bərkidilir və fırlanma anı birləşmələrdə üçbucaqlı uç şnurları ilə ötürülür. Çubuğun sağ və sol uclarında sap tiplərinin fərqliliyinə görə şaft hissələri onlara büküldükdə bir-birinə dartılır və spline birləşməsində gərginlik yaranır. Bu dizaynın valları (Şəkil 1) Almaniyanın "Aute-Union" və "Porsche 550" yarış avtomobillərinin mühərriklərində, yüngül alman təyyarələrində (Hirth HM 500 təyyarə mühərrikindən istifadə olunan təlim təyyarələrində quraşdırılmışdır) istifadə olunur. (Şəkil 2). Bir qısqaq bağlantısı kimi təsnif edilə bilən maşınqayırmada istifadə olunan bir mil ilə bir spiral dişlinin birləşmələrindən birinin rəsmi Şəkil 1-də göstərilmişdir.

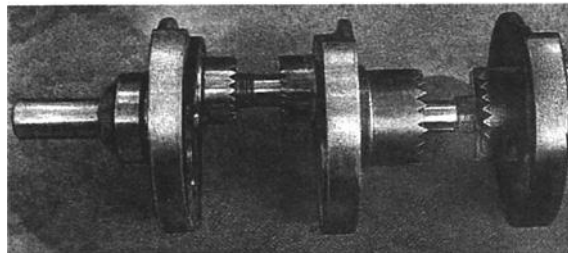


**Şəkil 1.** HM 500 mühərrikinin krank valının uzununa kəsişməsi:

1 və 2 - əsas jurnal yatağının xarici halqası və rulonu; 3 — podşipnik ayırıcı; 4 — yatağın daxili halqası; 5 — diferensial saplı şpal; 6 - birləşdirici çubuq



a)



**Şəkil. 2.** Vostok-S360 yarış motosikletinin iki silindrlı mühərrikinin krank valının komponentləri (a) və yığılması (b)

3. Qoşulma zamanı fırlanma momenti qısa şprislər vasitəsilə ötürülür və təkərin ox üzrə bərkidilməsi (uca əsasən) onun ucunu şaftın çiyinə [3] dayamaqla, şaftın açılmaması ilə həyata keçirilir. bu yerdə birləşmə yivli birləşmənin bərkidici qüvvəsi ilə təmin edilir. Şəkildə göstərilən əlaqələr. 1-3, birləşmə açılmadıqda işləyir, yəni birləşmədəki minimum təzyiq ən azı 1-2 MPa [4] və birləşmədəki bucaq təması deformasiyasının ümumi əyilmə bucağının olduğu bir dəyər var milin əyilməsinin nəzərə alınması) vallarda yerləşən hissələrin əyilmə bucağının  $\square$  icazə verilən maksimum qiymətini [5] aşmır.

**Yekun fikirlər.** Bir qayda olaraq, təmas səthlərinin icazə verilən meyl bucağı üçün aşağıdakı dəyərlər qəbul edilir: dişlərin uzunluğu boyunca yük konsentrasiyasının məhdudlaşdırılması şərtindən təkər dişlərinin birləşdirilməsində - 0,001 rad; cütləşən bilyalı podşipnikdə - podşipnik halqaların düzgün düzülməməsi nəticəsində topların sıxılmaması zamanı val - 8" (0,0024 rad); rulman və silindrik silindirlərlə birlikdə - silindirlərin uzunluğu boyunca təzyiqin vahid paylanması vəziyyətindən bir mil - 4" (0,0012 rad). Buna görə də, ümumi halda, gərginlik birləşməsinin cütləşən son səthlərinin əyilmə bucağı məqbul hesab edilə bilər  $[\square] = 0,001-0,002$  rad. Son vaxtlara qədər gərginlik bağlantısının parametrləri sınaq və səhv yolu ilə müəyyən edilirdi, çünki əlaqənin sərtliyini hesablamaq üçün heç bir üsul yox idi. Aşağıda belə bir metod təklif edirik, onun tətbiqi eksperimental olaraq yoxlanılır. Aşağıdakı gərginlik birləşməsinin konstruktiv diaqramını (şəkil 4)

nəzərdən keçirək: həlqəvi flanş mərkəzi boltla (boltun hamar hissəsinin uzunluğu 10, yivli deformasiya olunan hissəsi 11) əsası ilə bərkidilir (şəkil 4). sıxma qüvvəsi  $F_{\text{zat}}$  və çevrilmə momenti  $M$  ilə yüklənir. İşə [5] əsasən, düsturdan istifadə etməklə dartma birləşməsində əyilmə bucağı təxmin edilə bilər

$$\Delta = k \Delta M / I. \quad (1)$$

Burada  $k$  - birləşmənin normal təmas uyğunluğu əmsalındır,  $\text{mm}^3/\text{N}$ , ədədi olaraq təmas yaxınlığının birləşmədəki təzyiqdən asılılığının qrafikinə toxunan bucağın tangensinə bərabərdir  $p_0$  = boltun sıxma qüvvəsinin yaratdığı  $p_{\text{zat}}$  :

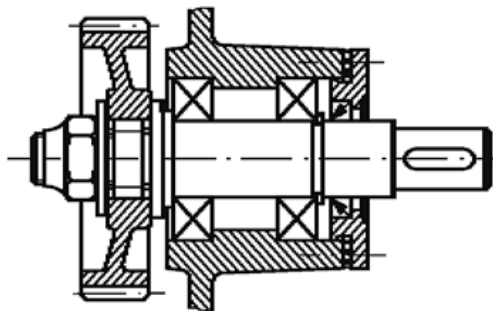
$$k = 0,5 R a c_0^* / (E^* p_0)^{0,5}; \quad (2)$$

$\Delta$  — miqyas faktoru (ətraflı məlumat üçün bax [5]);

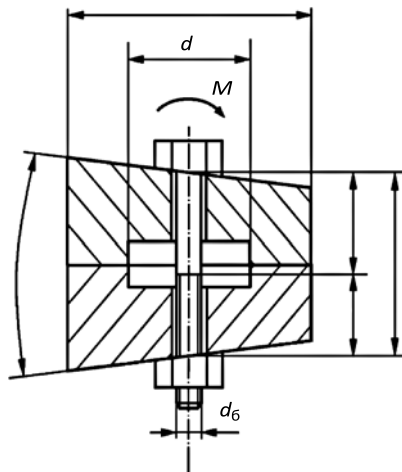
$I = \Delta (D^4 - d^4) / 64$  - birləşmənin ətalət anı;

$D$  və  $d$  - kontaktın xarici və daxili diametrləri səthlər.

Formula (2) daxildir:  $Ra = (Ra^2 + Ra^2)^{0,5}$  — cütləşən səthlərin filesi;



Şəkil 3. Ötürücü çarxın şafta qayka ilə konsol bərkidilməsi [2]



Şəkil 4. Gərginlik birləşməsinin hesablama diaqramı [3]

$c_0^* = 263$  mikro nizamsızlıqların nisbi mövqeyini nəzərə alan əmsal;

$E^*$  - — azaldılmış elastiklik modulu, əlaqədən müəyyən edilir:

$$\frac{1}{E^*} = \frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2}$$

burada  $E_1$  və  $E_2$  — cütləşən hissələrin materiallarının elastik modulları;

$\mu_1$  və  $\mu_2$  - onların Puasson nisbətləridir.

Boltun sıxma qüvvəsi  $F_{s1x}$  tərəfindən yaradılan birləşmədəki  $P_{s1x}$  təzyiqi belədir:

$$P_{s1x} = 4F_{3aT}/[\pi(D_2 - d_2)]. \quad (3)$$

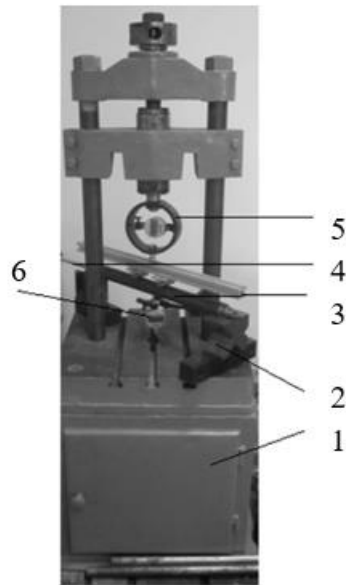
Boltun sıxma qüvvəsi  $T_{s1x}$  momenti ilə müəyyən edilir qaykanın bərkidilməsi:

$$F_{s1x} = T_{3aB}/[\operatorname{tg}(\alpha' + \alpha)d_2/2 + f_T d_T/2], \quad (4)$$

burada  $\alpha' = \arctg(f_p/\cos 30^\circ)$  sapda azaldılmış sürtünmə bucağıdır ( $f_p$  sapda sürtünmə əmsalıdır);

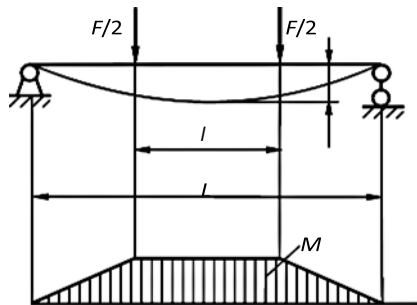
$\alpha = \arctg[P/(\alpha d_2)]$  - ipin onun boyunca bucağı orta diametri ( $P$  - sapı mag;  $d_2$  - orta sap diametri);  $f_T$  —qayın ucunda sürtünmə əmsalı;  $d_t$  künc ucunun orta diametridir.

Bağlantı yalnız bir çevrilmə anı ilə deyil, həm də yırtılma qüvvəsi ilə yüklənir.



**Şəkil 5.** Eksperimental quraşdırma:

1 - pres çərçivəsi; 2 - prizma; 3 - birləşdirici şaftı; 4 - sançaq;  
5 — halqa tipli dinamometr; 6 — yığıcı göstəricisi [5]



**Şəkil 6.** Dartma şaftının konstruksiya diaqramı və onun uzunluğu boyunca əyilmə momentinin paylanması [5]

$F_{tr}$ , onda birləşmənin təmas sərtliyi və içindəki əyilmə bucağı təzyiqlə müəyyən ediləcəkdir.

$$p_0 = p_{xərc} - (1 - \alpha F)F_{tr}/A, \quad (5)$$

burada əsas yükün qoparma qüvvəsindən əmsalıdır:

$$\alpha F = \frac{\lambda_k + \lambda_d}{\lambda_k + \lambda_d + \lambda_b}$$

Bolt mərkəzdə yerləşdiyindən valları boltla bərkidərkən çevrilmə anından əsas yükün əmsalı  $\square F = 0$ . (6) düsturunda.

$$\square_K = k\square/A, \quad \square_b = L/(E_1A) \quad \text{və} \quad \square_b = [(0,5d_b + l_0)/(\square d_b) + (0,5d_b + l_1)/(\square d_3)]4/E_1$$

müvafiq olaraq əlaqə birləşməsinin uyğunluğu, bərkidilmiş hissələr və bir bolt, yəni tək bir yükün təsiri altında hündürlüyündə ölçülərinin dəyişməsi. Burada  $d_6$  və  $d_3 = d_6 - 1,227P$  boltun yivlərinin xarici və daxili diametrləri burada  $P$  yiv seyrbazıdır.

Bu halda, bolta əlavə yük  $F_b$ , birləşmədəki təzyiqin minimum  $p_{mih}$  və maksimum  $p_{max}$ , boltla hərəkət edən itələmə qüvvəsi  $F_p$  və boltla gərginlik  $\sigma_b$  olacaq:

$$1. F_b = \chi_F F \quad (7)$$

$$2. p_{mih} = p_{zat} - \frac{(1-\chi_F)F}{A} - \frac{M}{W} \quad (8)$$

$$3. p_{max} = p_{xarc} - \frac{(1-\chi_F)F}{A} + \frac{M}{W} \quad (9)$$

$$4. F_r = 1.3F_{xarc} + F_b \quad (10)$$

$$5. \sigma_b = \frac{41P}{\pi d_3^2} \quad (11)$$

burada  $W = \square(D^3 - d^3)/32$  birləşmənin təmas səthinin neytral oxuna nisbətən müqavimət momentidir.

**Müzakirə.** Birləşmənin açılmamasını təmin etmək üçün  $p_{mih} > 1,2 \text{ MPa}$  şərtini yerinə yetirmək lazımdır. Sıxılan hissələrin möhkəmliyini təmin etmək üçün birləşmədə maksimum təzyiq  $p_{max}$ -ın bərkidilən hissələrin materialının axma gücündən az olması lazımdır.

Dartma birləşməsinin əyilmə bucağının (1)–(4) düsturlarına əsasən hesablamaların etibarlılığının eksperimental yoxlanılması 1-ci cərgivədə əl ilə vint presdən ibarət eksperimental qurğuda (şək. 5) aparılmışdır. Bunlardan iki prizma 2 diaqonal olaraq  $L$  məsafəsində bir-birindən aralı olaraq quraşdırılıb, gərmə mili 3 üçün dayaq rolunu oynayır. Çəkici mili xarici  $D$  və daxili  $d$  diametrlə iki borudan ibarət olub, uclarına sancaq bərkidilmiş qayka 4 ilə bərkidilmişdir. Boruların son səthləri TR220 profilometri ilə idarə olunan müəyyən bir pürüzlülük parametri  $R_{a1} = R_{a2}$  ilə işlənmişdir.

Bağlayıcı qaykaların  $T$  sıxma anı fırlanma anı açarı ilə təmin edilmişdir. Press, içərisinə quraşdırılmış siferblat göstəricisi olan bir halqa dinamometri 5 tərəfindən idarə olunan  $F$  qüvvəsini yaratdı.

Dartma şaftının iki nöqtəsində bir-birindən  $l$  məsafəsi ilə ayrılmış və gərginlik şaftının simmetriya oxuna nisbətən simmetrik məsafədə yerləşən iki  $F/2$  qüvvəsi tətbiq edilmişdir.

Şaftın ortasında  $J$  əyilmə 6 saat tipli göstərici ilə ölçüldü. Çəkici valın dizayn diaqramı Şəkilə 6 göstərilmişdir.

Sınaq zamanı çəkici val parametrləri idi:  $L = 450 \text{ mm}$ ,  $l = 100 \text{ mm}$ ,  $D = 40 \text{ mm}$ ,  $d = 27 \text{ mm}$ ,  $R_{a1} = R_{a2} = 0,0056 \text{ mm}$ . Təcrübə üç mərhələdə aparılıb. Birinci mərhələdə gərginlik valın yerinə möhkəm bir boru yükləndi. Birləşmələrin sayı bu halda 0-a bərabər idi.

İkinci mərhələdə, mərkəzində yerləşən bir birləşmə ilə gərginlik mili yükləndi. Üçüncü mərhələdə, sınaq zamanı kobudluq parametrlərinin  $R_a$ -nın ikiqat artırılmasını simulyasiya etmək üçün, şaft seqmentləri arasında mərkəzdə son səthlərinin eyni pürüzlülük parametrlərinə malik bir yuyucu quraşdırılmışdır. Bu, iki birləşmə ilə bir gərginlik şaftının sınaqdan keçirildiyini düşünməyə imkan verdi. Eksperimental olaraq əldə edilmiş əyilmə dəyərləri düsturdan istifadə edərək hesablama nəticələri ilə müqayisə edilmişdir

$$f = F[(L/2)^3 - (l/2)^3]/(6E_1I) + k\varepsilon Mn/I, \quad (12)$$

burada  $n$  gərginlik valının birləşmələrinin sayıdır.

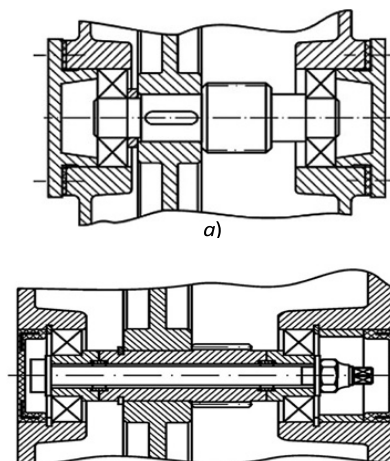
(12) düsturunda birinci termin birləşməyə malik olmayan valın əyilməsini, ikincisi - mövcudluğundan yaranan əyilməni qiymətləndirir. Qaykanın sıxma qüvvəsi aşağıdakı parametrlərlə müəyyən edilmişdir:  $d_b = 12 \text{ mm}$ ,  $P = 1,75 \text{ mm}$ ,  $d_2 = 10,56 \text{ mm}$ ,  $d_T = 14,25 \text{ mm}$ ,  $f_p = f_T = 0,15$ .

Test və hesablama nəticələri cədvəldə ümumiləşdirilmişdir. 1. Onların təhlili qeyd etməyə imkan verir ki, gərginlik valın əyilməsinin hesablanmış dəyərləri qaykanın müxtəlif vidalanma momentlərində və birləşmənin pürüzlülüyünün müxtəlif parametrlərində eksperimental olaraq alınan qiymətlərdən ümumiyyətlə 10% -dən çox deyil, bu da dartma valın sərtliyini qiymətləndirmək üçün (1)–(4) düsturlarından istifadə etmək imkanı yaradır.

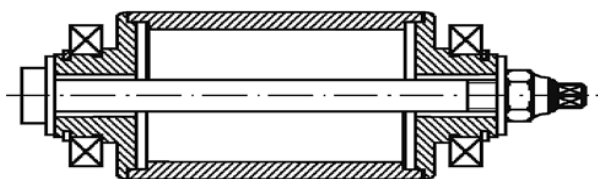
Gərginlik valının dizaynı üçün bəzi mümkün variantları nəzərdən keçirək və onların hesablanmasına bir nümunə verək.

Əksər standart sürət qutularında şaft oxları boyunca birləşdirici (şəkil 7, a) var. Bağlayıcı dişliləri və rulmanları şanzıman qutusunda kənarda vallarla yığmağa imkan verir, lakin sürət qutusunun qapağını korpusa birləşdirmək üçün dizaynda elektrik boltlar ilə bərkidilmiş kütləvi flanşları təmin etmək lazımdır. Ötürücü qutunun korpus hissələrinin çəkisini siz onun ara vallarını mufta valları kimi düzəltməklə azalda bilərsiniz (şək. 7, b) və qutunun yuxarı hissəsindəki dəlikdən istifadə edərək sürət qutusunu yığa bilərsiniz.

|                                                        |                                                                              |    |    |      |     |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----|----|------|-----|
| Nəticəni necə əldə etmək olar                          | F = 400 N-də əyilmə, $\mu\text{m}$ və gərginlik valının birləşmələrinin sayı |    |    |      |     |
|                                                        | 0                                                                            | 1  | 2  |      |     |
|                                                        | Qaykanın sıxma anı $T_{zav}$ , N•m                                           |    |    |      |     |
|                                                        | 0                                                                            | 25 | 32 | 16   | 32  |
| Hesablama                                              | 40                                                                           | 70 | 67 | 164* | 97  |
| Təcrübə                                                | 36                                                                           | 75 | 70 | 133* | 104 |
| * F = 200 N-də (birgə açılışla məhdudlaşdırılan qüvvə) |                                                                              |    |    |      |     |



**Şəkil 7.** Val oxları boyunca sürət qutusu birləşdiricisinin mövcudluğu (a) və olmaması (b) (çəkmə mili) halında sürət qutusunun ara valının variantları



**Şəkil 8.** Lent konveyerinin gərmə barabanının gərginlik quruluşu

Əvvəllər [6]-da lentli konveyerin gərginlik tamburu üçün (şək. 8) bərkidici konstruksiya təklif edilmişdi ki, bu konveyer üzərində podşipniklər quraşdırılmış iki daşıyıcı qalxandan və mufta boltu ilə montaj zamanı bərkidilmiş borudan ibarətdir. Tamburun istehsalında (qaynaqsız) yalnız döngənin istifadəsi gərginlik tamburunu yığarkən rulman oturmaqlarının dizaynında heç bir təhrif olmayacağını gözləməyə imkan verir.

Misal Cədvəl 1-12-ci sətirlərində verilmiş parametrlərdən istifadə edərək hesablayın. 2, yivli birləşmələr üçün üç variant: 1) bir spiral dişlinin mil ilə birləşdirilməsi (bax. Şəkil 3); 2) spiral dişli reduktorun ara mili (bax. Şəkil 7, b); 3) lent konveyerinin gərginlik tamburu (bax şək. 8). Boltların və onların bərkiddiyi hissələrin materialı poladdır ( $E = 2,1 \cdot 10^5$  MPa). Tzav-ı hesablayarkən, yiv və sonun olduğunu güman edirik qayka yağlanır, buna görə də (4) düsturundan istifadə edərək hesablayarkən  $f_p = f_t = 0.1$  qəbul edirik.

Hesablama nəticələri 13-21-ci sətirlərdə təqdim olunur cədvəl 2.

| Variant üzrə hesablamanın nəticələri |                         |                      |          |                      |          | Cədvəl 2              |          |
|--------------------------------------|-------------------------|----------------------|----------|----------------------|----------|-----------------------|----------|
| Sifariş nömrəsi                      | Parametr                | 1 (bax Şəkil 3)      |          | 2 (bax Şəkil 7, b)   |          | 3 (bax Şəkil 8)       |          |
| 1                                    | M, N•m                  | 200                  |          | 400                  |          | 280                   |          |
| 2                                    | F, H                    | 1500                 |          | 1000                 |          | 0                     |          |
| 3                                    | D, mm                   | 70                   |          | 60                   |          | 355                   |          |
| 4                                    | d, mm                   | 50                   |          | 30                   |          | 335                   |          |
| 5                                    | Ra1 = Ra2, mkm          | 2,5                  |          | 1,6                  |          | 3,2                   |          |
| 6                                    | A, mm <sup>2</sup>      | 1,88•10 <sup>3</sup> |          | 2,12•10 <sup>3</sup> |          | 10,84•10 <sup>3</sup> |          |
| 7                                    | L, mm                   | 25                   |          | 800                  |          | 800                   |          |
| 8                                    | d <sub>ç</sub> , mm     | 36                   |          | 20                   |          | 24                    |          |
| 9                                    | P, mm                   | 4                    |          | 2,5                  |          | 3                     |          |
| 10                                   | l <sub>0</sub> , mm     | 20*                  |          | 780                  |          | 780                   |          |
| 11                                   | l <sub>1</sub> , mm     | 7                    |          | 20                   |          | 20                    |          |
| 12                                   | F <sub>xərc</sub> , N   | 20 000               | 60 000   | 50 000               | 60 000   | 20 000                | 40 000   |
| 13                                   | P <sub>xərc</sub> , MPa | 10,6                 | 31,8     | 23,53                | 28,3     | 1,8                   | 3,7      |
| 14                                   | □                       | 1,60                 | 1,36     | 1,11                 | 1,10     | 3,84                  | 3,42     |
| 15                                   | k, mm <sup>3</sup> /N   | 0,00043              | 0,00024  | 0,00018              | 0,00016  | 0,00129               | 0,00091  |
| 16                                   | □F                      | 0,362                | 0,242    | 0,034                | 0,027    | 0,034                 | 0,027    |
| 17                                   | □, rad                  | 0,000156             | 0,000076 | 0,000012             | 0,000008 | 0,000012              | 0,000008 |
| 18                                   | p <sub>mih</sub> , MPa  | 2,2                  | 23,3     | 1,4                  | 3,3      | 1,4                   | 3,3      |
| 19                                   | p <sub>max</sub> , MPa  | 18,0                 | 39,1     | 2,3                  | 4,1      | 2,3                   | 4,1      |
| 20                                   | □ <sub>B</sub> , MPa    | 35                   | 103      | 80                   | 160      | 80                    | 160      |
| 21                                   | Tzav, N•m               | 92                   | 275      | 65                   | 129      | 65                    | 129      |

Yarış nəticələrinin təhlili göstərdi:

1) qozun bərkidici qüvvəsinin artması ilə bərkidilən hissələrin birləşməsində əyilmə bucağı azalır;

2) bərkidilən hissələrin birləşməsinin kifayət qədər sərtliyini (yəni onun əyilmə bucağı icazə verildəndən çox olmamaq üçün) və birləşmənin açılmamasını (yəni p<sub>mih</sub> > 1-2 MPa şərtini yerinə yetirmək) təmin etmək. , boltu (1) j(11) düsturlarından istifadə etməklə hesablama yolu ilə əldə edilən qüvvə ilə sıxmaq lazımdır və belə birləşmələrin montaj təsvirlərinin texniki tələblərində qaykanın vidalanmasının fırlanma momenti T göstərilməlidir;

3) bağlayıcı boltun materialı boltla yaranan gərginlikdən □<sub>B</sub> az olmayan axma gücünə malik olmalıdır;

4) bu parametrlərin müxtəlif dəyərləri üçün (1) və (11) düsturlarından istifadə edərək bir neçə dəfə aparılan hesablamaların nəticələrini müqayisə etsək, gərginlik bağlantısının dizayn parametrlərinin dəyərlərini optimallaşdırmaq mümkündür.

**Nəticələr.** Bir mərkəzi bolt ilə bərkidilmiş, birləşməyə perpendikulyar bir müstəvidə tətbiq olunan qüvvə və momentlə yüklənmiş yivli birləşmənin hesablanması üçün bir üsul təklif olunur. Hesablama nəticələri eksperimental nəticələrlə müqayisə edilərək təsdiq edilmişdir. Belə bir metodun olması, bərkidilən hissələrin birləşməsinin kifayət qədər sərtliyi və birləşmənin açılmamasını təmin edən şərtlər əsasında gərginlik bağlantısının dizayn parametrləri üçün dəyərlər təyin etməyə imkan verir. Şaftın konsol ucunda təkər bərkidilməsinin yivli birləşməsini hesablamaq və qaykanın bərkidici qüvvəsini əsaslı şəkildə təyin etmək mümkün olmuşdur.

### İstinadlar

1. Ivanov, A.S., & Murkin, S.V. (2015). Расчёт и проектирование резьбовых соединений приводов. Москва: Инновационное машиностроение.
2. Aslanov, Z.Y. (2013). Maşınqayırma məhsullarının keyfiyyətinin idarə edilməsi metodları (Monoqrafiya). Bakı: Elm.
3. Aslanov, Z. Y. (2017). Ölçmə və nəzarətin üsul və vasitələri (Dərslik). Vektor Beynəlxalq Elmlər Akademiyası.
4. Aslanov, Z.Y. (2021). Особенности системного управления качеством на машиностроительном предприятии. Bakı: Təhsil nəşriyyatı.
5. ЗАО «Петербургский Машиностроительный завод». (n.d.). Retrieved from <http://www.mashzavod.su/>

### References

1. Ivanov, A. S., & Murkin, S. V. (2015). Calculation and Design of Threaded Drive Connections. Moscow: Innovative Mechanical Engineering.
2. Aslanov, Z. Y. (2013). Methods for Quality Management of Mechanical Engineering Products (Monograph). Baku: Elm.
3. Aslanov, Z. Y. (2017). Methods and Tools for Measurement and Control (Textbook). Vektor International Academy of Sciences.
4. Aslanov, Z. Y. (2021). Features of Systemic Quality Management in a Mechanical Engineering Enterprise. Baku: Təhsil Publishing House.
5. ZAO "Petersburg Machine-Building Plant". (n.d.). Retrieved from <http://www.mashzavod.su/>

*Məqaləyə istinad: Həmidov, N. R., Aslanov Z.Y. (2025). Gərginlik birləşməsinin sərtliyinin təkmilləşdirilməsi. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzMIU, 1, 117–124*

*For citation: Hamidov, N. R., Aslanov Z.Y. (2025). Improving the stiffness of the tension joint. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzUAC, 1, 117–124*

Redaksiyaya daxil olma/Received 11.09.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 11.11.2024

<http://doi.org/10.58225/sw.2025.1-125-131>

## VANT KÖRPÜSÜNÜN TROSLARININ MÖHKƏMLİK VƏ DÖZÜMLÜLÜYÜNÜN TƏYİN EDİLMƏSİ

**Məstanzadə Nicat Salam oğlu**- t.ü.f.d., dosent, Bakı Mühəndislik Universiteti,  
nijat.mastan@gmail.com

**Rüstəmli Tural Mübariz oğlu**– doktorant, baş konstruktor, Hydrotrans Engineering MMC,  
rustamli.tural.90@gmail.com

**Mehtiyev Yaqub Ələvsət oğlu**– doktorant, Hydrotrans Engineering MMC,  
yaqub.mextiyev@gmail.com

**Xülasə.** Məqalədə vant körpüsünün vantlarının dartılma deformasiyası araşdırılmışdır. Misal üçün Ağ Şəhər piyada keçidi götürülmüşdür. Vant troslarının möhkəmlik və dözümlülük hesablaması aparılmışdır. Buradaki yaranan maksimal gərginlik hesablanmışdır. Yüksək külək təzyiqinə məruz qalan piyada keçidinin vantlarının sayının azaldılması tövsiyyə edilmişdir. Körpünün möhkəmlik, sərtlik, dözümlülük və dinamik dayanıqlıq hesablamalarla şərtləri yoxlanılmışdır. Körpünün deformasiya sxemi çıxarılmışdır. Körpü tirinin sərtliyi keçərli deyil. Buna görə vantların dartılma qüvvəsini artırmaq və keçid tirin üzərinə düşən beton qatını azaltmaq gərəkdir.

**Açar sözlər:** vant, dartılma, gərginlik, möhkəmlik, dözümlülük

## DETERMINATION OF STRENGTH AND ENDURANCE OF CABLE OF CABLE-STAYED BRIDGE

**Mastanzadeh Nijat Salam**- PhD in tech.sc., ass.prof., Baku Engineering University,  
nijat.mastan@gmail.com

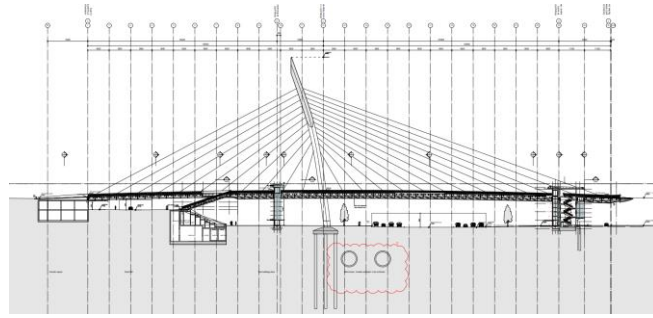
**Rustamli Tural Mubariz**- PhD Candidate, Chief Designer, Hydrotrans Engineering Ltd.,  
rustamli.tural.90@gmail.com

**Mehtiyev Yagub Alovzat**- PhD Candidate, Hydrotrans Engineering Ltd.,  
yaqub.mextiyev@gmail.com

**Abstract.** The paper investigated the tension strain of the cable-stayed bridge. For example, the White City pedestrian crossing was taken. Calculations of the strength and endurance of cable cables were carried out. The maximum stress occurring here is calculated. It was recommended to reduce the number of baths of a pedestrian crossing exposed to high wind pressure. The bridge conditions were tested with strength, stiffness, endurance and dynamic stability calculations. The bridge deformation scheme has been removed. The stiffness of the bridge beam is impermeable. Therefore, it is necessary to increase the tension of the cranes and reduce the concrete layer falling on the transition beam.

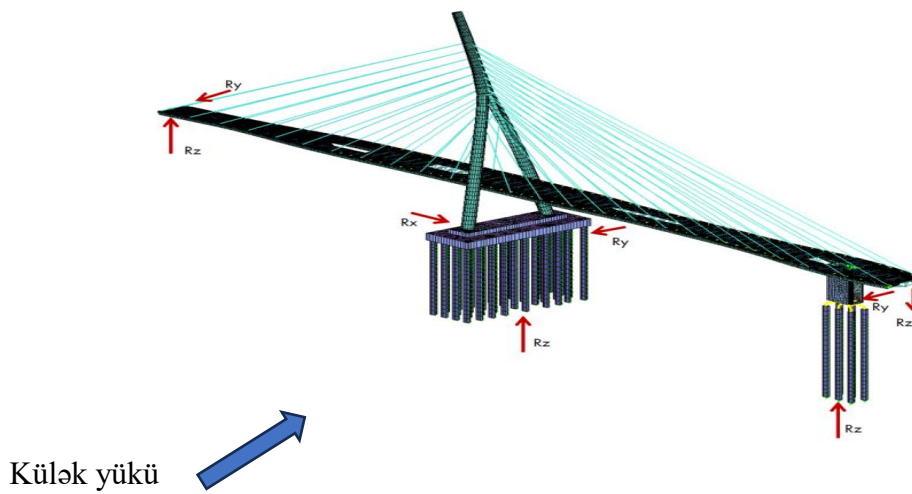
**Keywords:** Cable, tension, stress, strength, endurance

**Giriş.** Şəhər infrastrukturunun genişlənməsi və rifahı üçün görülən inşaat işləri şəhərin yol ötürücüləri və piyada keçidlərinin tikintisi ilə də aparılır. Bakının Ağ Şəhər bölgəsində inşa olunan vantlı piyada keçidi bunun bir nümunəsidir. Körpü bir pylonlu, metal tir yol ötürücüsü və iki istiqamətdə vant sistem bağlantılarıyla layihələndirilmişdir. Körpüyə iki yerdən pilləkən qurğusu nəzərdə tutulub. Layihəsi “Hydrotrans Engineering” MMC şirkəti, inşaatı isə “Evrason” ASC tərəfindən aparılır. Körpünün yerləşdiyi yerin şəhərin Xəzər limanına yaxın, küləkli bölgədə olduğunu və körpü pylonunun hündürlüyünü (75 m) nəzərə alaraq körpüyə təsir edən dinamik qüvvələrin və bu səbəbdən vantların gərginliyinin öyrənilməsi vacib məsələyə çevrilir. Körpünün boyuna kəsiyi və planda görünüşü aşağıdakı şəkildə göstərilmişdir (bax şəkl.1).

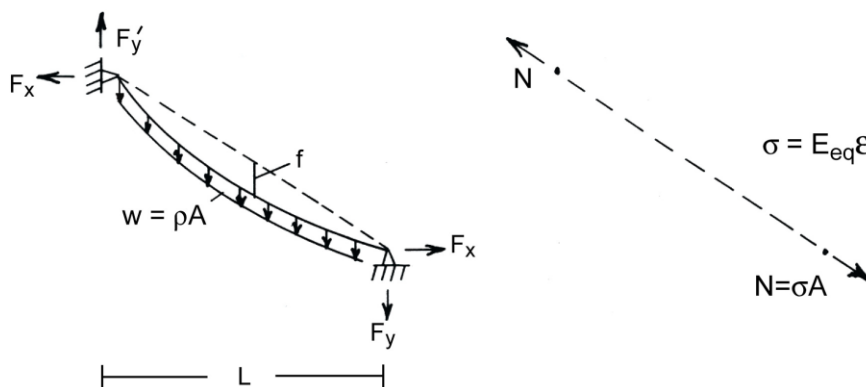


Şəkil 1. Ağ Şəhər piyada körpüsünün boyuna kəsik görünüşü

**Körpü troslarına təsir edən qüvvələr.** Vant körpünün troslarına öz ağırlığından başqa, keçid tirinin ağırlığı, trosun üzərinə düşən qar və buzlama ağırlığı, külək yükü, trosun öncədən gərginləşmə qüvvəsi təsir edir (şəkil 2).



Şəkil 2. Ağ Şəhərdəki vantlı piyada keçidinin ümumi görünüşü və külək təzyiqinin təsiri

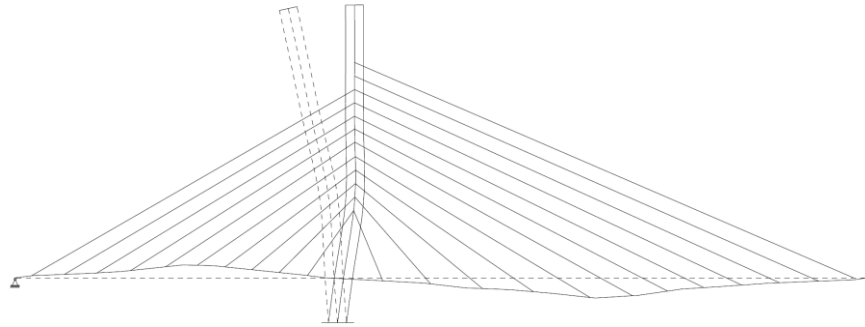


Şəkil 3. Bir vant trosuna düşən xarici və daxili qüvvələrin görünüşü:  $F_x$  və  $F_y$  -vantın dartılma qüvvəsinin üfüqi və şaquli proyeksiyaları;  $f$  - vantın əyimi;  $w$  – vantın ağırlıq yükü;  $E_{eq}$  - ekvivalent elastiklik modulu;  $N$  –vantın dartılma qüvvəsi

Körpüyə təsir edən daimi yük, körpü tirinin üzərində beton qat ağırlığı  $p=1200$  tondur. Müvəqqəti yük piyadaların ağırlığı  $q=400 \text{ kg/m}^2$  edər. Körpünün, yəni körpü tirinin şaquli əyimi 1.1 və 12.1 oxlar arasındadır, bu da  $f_{\max}=398 \text{ mm}$  edər. Maksimal yolverilən əyim  $L/400$  keçməməlidir. O zaman sərtlilik şərtini yoxlayaq:

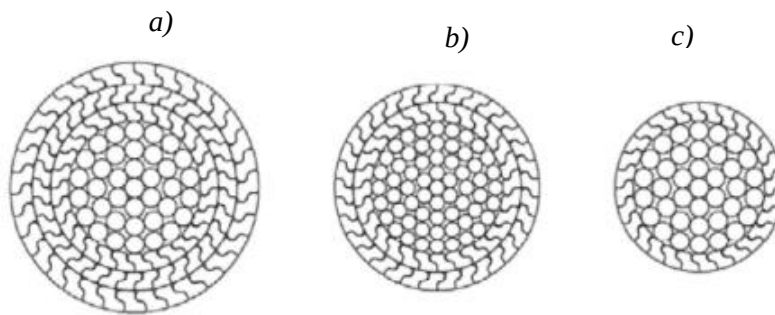
$$\frac{f_{max}}{L} = \frac{398}{105600} = 0,0037 \text{ mm} \leq [f] = \frac{1}{400} = \frac{1}{400} = 0,0025 \quad (1)$$

Sərtlilik şərti ödənmir.



Şəkil 4. Körpünün deformasiya şəkl

Körpüdə üç en kəsik ölçülü vant istifadə olunmuşdur: Ø64mm, Ø52mm və Ø40mm. Bunların en kəsiklərinin sahəsi ardıcılıqla  $A_1=2789 \text{ mm}^2$ ;  $A_2=1841 \text{ mm}^2$  və  $A_3=1077 \text{ mm}^2$  (şəkil 5) təşkil edir.



Şəkil 5. Vant troslarının en kəsikləri: a) Ø64 mm ; b) Ø52 mm; c) Ø40 mm

Vantların sərtliyi elastiki sərtlilik  $K_E$  və həndəsi sərtlilik  $K_g$  ilə hesablanır. Çünki vantların hər bir səbəbdən gərginliyinin düşməsi vantların əyiminə gətirib çıxarır. Bu da vantın sallanmasına səbəb olur.

$$K_i = K_E + K_g = \frac{EA_i}{l_0} \begin{bmatrix} \cos^2 \theta & \cos \theta \sin \theta \\ \cos \theta \sin \theta & \sin^2 \theta \end{bmatrix} + \frac{N}{L} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Burada  $E$  – vant materialının elastiklik modulu;  $A_i$  –  $i$ -vant elementinin en kəsik sahəsi;  $l_0$  – deformasiya olmayan vantın uzunluğu;  $\cos \theta$ ,  $\sin \theta$  – vantın sərtlilik tirinə olan bucaq funksiyası;  $N$  – boyuna dartılma qüvvəsi;

**Trosun möhkəmlilik hesablaması.** Trosda yaranan dartılma qüvvəsini hesablamaq üçün körpüyə düşən daimi və müvəqqəti qüvvələri təyin edək. Trosun en kəsik sahəsini  $A_1=2789 \text{ mm}^2$ ,  $A_2=1841 \text{ mm}^2$ , və  $A_3=1077 \text{ mm}^2$  nəzərə alaraq trosun dartılma qüvvəsi ardıcıl olaraq  $\Sigma N_1= 14\,142 \text{ kN}$ ,  $\Sigma N_2= 17900 \text{ kN}$ ,  $\Sigma N_3= 1988 \text{ kN}$  təşkil edir. Trosun hesabi müqaviməti olar:

$$R_{dh} = k \frac{\Sigma P}{A_{\gamma m}} \quad (3)$$

Burada  $k=0,87$  – trosun aqreqat müqavimət əmsalı;  $\gamma_m = 1,6$  etibarlılıq əmsalı. Trosun möhkəmlilik şərti yoxlanılır:

$$\frac{N}{A_k} \leq R_{dh} m_1 m_2 \quad (4)$$

Burada  $m_1 = 0,8$  körpünün iş şəraiti əmsalı;  $m_2 = 1,0$  trosun iş şəraiti əmsalı;  $N$  -trosda yaranan maksimal dartılma qüvvəsi. Hesablama zamanı dartılma qüvvələri məqalədə təqdim olunan Cədvəl 1-dən götürülmüşdür. Hesablamanı yerinə yetirəndən sonra alarıq:

$$\frac{N}{A_k} = \frac{2(678+950+952+940+960+1020+1049+672)}{16 \times 2789} = \frac{14142000}{44624} = 316 \text{ mPa} \leq R_{dh} m_1 m_2 = 2757 \times 0,8 \times 1,0 = 2205 \text{ mPa}$$

$$\text{Ø52mm tros üçün } R_{dh} = 5287 \text{ mPa}$$

$$\frac{N}{A_k} = \frac{2(598 + 644 + 604 + 679 + 741 + 529 + 760 + 828 + 968 + 853 + 479 + 506)}{26 \times 1841} = \frac{17900000}{47866} = 374 \text{ mPa} \leq R_{dh} m_1 m_2 = 5287 \times 0,8 \times 1,0 = 4229 \text{ mPa}$$

$$\text{və Ø40mm tros üçün } R_{dh} = 1004 \text{ mPa}$$

$$\frac{N}{A_k} = \frac{2(399 + 294 + 301)}{6 \times 1077} = \frac{1988000}{6462} = 308 \text{ mPa} \leq R_{dh} m_1 m_2 = 1004 \times 0,8 \times 1,0 = 803,4 \text{ mPa}$$

Möhkəmlilik şərti troslar üçün ödənilir.

Vant körpülərin yüklətmə qabiliyyəti vantların zədə alması səbəbindən düşə bilər. Dünya praktikasında üç növ vant istifadə edilir: 1 - parallel kabelli (*PSC-parallel strand cable*); 2 - ayrıca toxunan kabellərlə qurulmuş (*PWC-parallel wire cable*); və 3 - bağlı (spiral) kabellərlə metal örtüklü vantlar. Vant sistemlərindəki polad tellər aşağıdakı şərt əsasında seçilir:

$$[N] \geq P[n] \quad (5)$$

Burada  $F$  - telin sertifikat üzrə qırılma həddi;  $P$  - layihə üzrə telin maksimal dartılma qüvvəsi;  $[n]$  - normativ möhkəmlilik əmsalı, tipik vantlar üçün  $[n]=5,0 - 6,5$  sm təyin edilə bilər. Telin dartılma qüvvəsi  $N$  vant içində tellərin toplam dartılma qüvvəsinin  $k=0,8-0,9$  əmsalına vurmaqla təyin edilir:

$$[N] = kA\sigma_{th} \quad (6)$$

Burada  $A$  - vantdakı bütün tellərin en kəsiyi;  $\sigma_{th}$  - tel materialının dartılma möhkəmliyidir. Vant trosun içində bir telin qırılmasını görmək olmur. Bunu ancaq telin dartılma müqavimətinin düşməsi ilə müşahidə etmək olar. İstismar zamanı vant troslarının yüklətmə qabiliyyəti fərqli zədələrin təsirindən azalır. Faktiki vant trosunun möhkəmlilik dərəcəsi

$$n = \frac{\bar{F}}{P} \quad (7)$$

kimi göstərilə bilər. Burada  $\bar{N}$  - zədəli trosun dartılma qüvvəsi,  $\bar{N} = k\bar{A}\sigma_{th}$ ;  $\bar{A}$  - zədəli trosun en kəsik sahəsidir. Zədəli trosun en kəsik sahəsinin zədəsiz trosun en kəsik sahəsindən ( $A$ ) az olduğundan bu fərq aşağıdakı düsturla tənzimlənir:

$$\Delta A = \left(\frac{\Delta A_1}{100}\right) A + \Delta A_2 \quad (8)$$

Burada  $\Delta A_1$  - faiz şəklində təyin edilən diaqnostik göstərici;  $\Delta A_2$  - bütün qırılan, zədə alan vantların toplam en kəsiyi. Beləliklə, qalıq möhkəmlilik əmsalı

$$n = \frac{k(A-\Delta A)\sigma_{th}}{P} \quad (9)$$

kimi göstərilə bilər.

Vantların əyimi dartılma səbəbindən çox cüzi olduğundan nəzərə alınmır. Amma bağlantı yerlərində əyici momentlər yarana bilər. Zaman içində  $n$  əmsalı layihədəki normativ əmsaldan  $[n]$  az olur. Və hər bir vant trosu aşağıdakı şərtlə yoxlanılır:

$$\min n \geq n^* \quad (10)$$

Bu şərtin ödənməməsi trosun işləməməsi anlamına gəlir.

Uzun zaman istismarda olan polad troslar və vantlarda sürünmə deformasiyası, relaksasiya yarana bilər. Tros uzanır və bu səbəbdən dartılma qüvvəsi düşür. Polad vantların boyuna sürünməsi aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$\epsilon_{pl,x} = \frac{0,001\sigma}{\sigma_{th}} \times e^{2\left(\frac{\sigma}{\sigma_{th}}\right)^{2,4}} \quad (11)$$

Burada  $\sigma$  - normativ daimi yükdən + 1/3 normativ müvəqqəti yükdən yaranan gərginlikdir. Polad trosların möhkəmlilik təhlili aşağıdakı imkanları yaradır:

- Trosun zaman içində təmiri üçün qalan resursunun təyini;

- Trosun istismar müddətinin uzanmasının təyini;
- Trosun yenidən yoxlanması və yerində cihazla diaqnostika tarixinin müəyyən edilməsi və normativ qalıq əmsalının təyin edilməsi.

**Trosun dözümlülük hesablaması.** Trosun dözümlülük hesabı aşağıdakı düsturla aparılır:

$$\sigma_{max} \leq m_1 \gamma_{ws} R_{dh} m \quad (12)$$

Burada  $\sigma_{max}$  - trosdaki maksimal normal gərginlik

$$\sigma_{max} = \frac{N^{max}}{A_k} \quad (13)$$

$m_1=0,83$  trosun dözümlülük hesabında iş şəraiti əmsalı;  $\gamma_{ws}$  - gərginliyin dəyişməsinə nəzərən alan əmsal. Dözümlülük hesabında trosdaki maksimal dartılma qüvvəsi  $N^{Bmax}=1294$  kN qəbul edilmişdir. Müvəqqəti yüklərdən yaranan dartılma qüvvəsi isə aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$N^{BP,max} = v^B \omega_{max} \quad (14)$$

Burada  $v^B$  - dözümlülük hesablamasında ekvivalent qüvvə;  $\omega_{max}$  - nüfuz xətlərin sahəsi. O zaman trosdaki maksimal gərginlik olar:

$$\sigma_{max} = \frac{1294000}{2789} = 464 \text{ mPa}$$

Dəyişən gərginlik asimmetrik əmsalı

$$\rho = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{min}} \quad (15)$$

kimi hesablanır.

Eyni proseduru minimal gərginlik üçün aparaq. Onda  $\sigma_{min}=207,5$  Mpa olar. Və asimmetrik əmsal  $\rho=0,45$  olar.

Beləliklə trosun dözümlülük şərtini yoxlayaq.

$$\sigma_{max} = 464 \text{ mPa} \leq m_1 \gamma_{ws} R_{dh} m = 0,83 \times 0,674 \times 1795,2 \times 1 = 1004,27 \text{ mPa}$$

Dözümlülük şərti ödənilir.

Vantların işarələnməsi, en kəsiklərinin diametri və maksimal dartılma qüvvələri cədvəl 1-də verilmişdir.

**Cədvəl 1.** Vantlarda daxili qüvvələrin hesablanması

| Van<br>tlar | İndeksasiya | Vantın<br>Tipi | Nominal<br>Diametr | Maks.<br>Qüvvəl<br>ər<br>N_{d1} | Daimi<br>Yükdən<br>Yaranan<br>Qüvvələr | Böhran<br>Qüvvələri<br>N_{d2} | Hesabi<br>Qüvvələr<br>N_{d}<br>N_{d1}<br>+1.5(N_{d2} - | Utilizasiya<br>Nisbəti |
|-------------|-------------|----------------|--------------------|---------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------|
|             |             | -              | [mm]               | [kN]                            | [kN]                                   | [kN]                          | [kN]                                                   | [ - ]                  |
| 1           | 1-01        | VSS-3          | 64                 | 678                             | 296                                    | 849                           | 934                                                    | 0.50                   |
|             | 1-02        | VSS-3          | 64                 | 678                             | 296                                    | 849                           | 934                                                    | 0.50                   |
| 2           | 2-01        | VSS-2          | 52                 | 598                             | 589                                    | 463                           | 598                                                    | 0.48                   |
|             | 2-02        | VSS-2          | 52                 | 598                             | 598                                    | 463                           | 598                                                    | 0.48                   |
| 3           | 3-01        | VSS-2          | 52                 | 644                             | 642                                    | 382                           | 644                                                    | 0.52                   |
|             | 3-02        | VSS-2          | 52                 | 644                             | 644                                    | 382                           | 644                                                    | 0.52                   |
| 4           | 4-01        | VSS-2          | 52                 | 604                             | 604                                    | 597                           | 604                                                    | 0.49                   |
|             | 4-02        | VSS-2          | 52                 | 604                             | 602                                    | 597                           | 604                                                    | 0.49                   |
| 5           | 5-01        | VSS-2          | 52                 | 679                             | 591                                    | 781                           | 832                                                    | 0.67                   |
|             | 5-02        | VSS-2          | 52                 | 679                             | 584                                    | 781                           | 832                                                    | 0.67                   |
| 6           | 6-01        | VSS-3          | 64                 | 950                             | 719                                    | 1238                          | 1382                                                   | 0.73                   |
|             | 6-02        | VSS-3          | 64                 | 950                             | 754                                    | 1238                          | 1382                                                   | 0.73                   |
| 7           | 7-01        | VSS-3          | 64                 | 952                             | 686                                    | 1283                          | 1449                                                   | 0.77                   |
|             | 7-02        | VSS-3          | 64                 | 952                             | 703                                    | 1283                          | 1449                                                   | 0.77                   |
| 8           | 8-01        | VSS-3          | 64                 | 940                             | 657                                    | 1294                          | 1471                                                   | 0.78                   |
|             | 8-02        | VSS-3          | 64                 | 940                             | 659                                    | 1294                          | 1471                                                   | 0.78                   |
| 9           | 9-01        | VSS-2          | 52                 | 741                             | 532                                    | 905                           | 987                                                    | 0.79                   |
|             | 9-02        | VSS-2          | 52                 | 741                             | 524                                    | 905                           | 987                                                    | 0.79                   |
|             | 10-01       | VSS-1          | 40                 | 399                             | 399                                    | 455                           | 483                                                    | 0.66                   |

|    |       |       |    |      |     |      |      |      |
|----|-------|-------|----|------|-----|------|------|------|
| 10 | 10-02 | VSS-1 | 40 | 399  | 397 | 455  | 483  | 0.66 |
| 11 | 11-01 | VSS-1 | 40 | 294  | 293 | 243  | 294  | 0.40 |
|    | 11-02 | VSS-1 | 40 | 294  | 294 | 243  | 294  | 0.40 |
| 13 | 13-01 | VSS-1 | 40 | 301  | 301 | 281  | 301  | 0.41 |
|    | 13-02 | VSS-1 | 40 | 301  | 296 | 281  | 301  | 0.41 |
| 14 | 14-01 | VSS-2 | 52 | 529  | 477 | 701  | 787  | 0.63 |
|    | 14-02 | VSS-2 | 52 | 529  | 489 | 701  | 787  | 0.63 |
| 15 | 15-01 | VSS-2 | 52 | 760  | 621 | 823  | 854  | 0.69 |
|    | 15-02 | VSS-2 | 52 | 760  | 603 | 823  | 854  | 0.69 |
| 16 | 16-01 | VSS-3 | 64 | 960  | 641 | 1235 | 1373 | 0.73 |
|    | 16-02 | VSS-3 | 64 | 960  | 684 | 1235 | 1373 | 0.73 |
| 17 | 17-01 | VSS-3 | 64 | 1020 | 630 | 1269 | 1394 | 0.74 |
|    | 17-02 | VSS-3 | 64 | 1020 | 661 | 1269 | 1394 | 0.74 |
| 18 | 18-01 | VSS-3 | 64 | 1049 | 636 | 1259 | 1364 | 0.72 |
|    | 18-02 | VSS-3 | 64 | 1049 | 641 | 1259 | 1364 | 0.72 |
| 19 | 19-01 | VSS-2 | 52 | 761  | 718 | 833  | 869  | 0.70 |
|    | 19-02 | VSS-2 | 52 | 761  | 713 | 833  | 869  | 0.70 |
| 20 | 20-01 | VSS-2 | 52 | 828  | 828 | 725  | 828  | 0.67 |
|    | 20-02 | VSS-2 | 52 | 828  | 824 | 725  | 828  | 0.67 |
| 21 | 21-01 | VSS-2 | 52 | 968  | 968 | 569  | 968  | 0.78 |
|    | 21-02 | VSS-2 | 52 | 968  | 965 | 569  | 968  | 0.78 |
| 22 | 22-01 | VSS-2 | 52 | 853  | 853 | 409  | 853  | 0.69 |
|    | 22-02 | VSS-2 | 52 | 853  | 851 | 409  | 853  | 0.69 |
| 23 | 23-01 | VSS-2 | 52 | 479  | 479 | 417  | 479  | 0.38 |
|    | 23-02 | VSS-2 | 52 | 479  | 478 | 417  | 479  | 0.38 |
| 24 | 24-01 | VSS-3 | 64 | 672  | 606 | 781  | 835  | 0.44 |
|    | 24-02 | VSS-3 | 64 | 672  | 608 | 781  | 835  | 0.44 |
| 25 | 25-01 | VSS-2 | 52 | 506  | 192 | 593  | 637  | 0.51 |
|    | 25-02 | VSS-2 | 52 | 506  | 187 | 593  | 637  | 0.51 |

### Nəticələr.

1. Vantın içindəki tellərin qırılması vantların gərginliyini aşağı salır. Bu səbəbdən vantların dartılma qüvvəsi düşür, tros sallanır və sərtlik tirinin əyimi artır;
2. İstismar zamanı körpü diaqnostikası məqsədilə vant tellərinin yerində cihazla gərginliyinin yoxlanılması mütləqdir;
3. Vantların qırılması və ümumi sistemdən çıxması körpü qurğusunun gərginlik-deformasiya halını dəyişdirir;
4. Külək təzyiqinə gəldikdə, vantlar yaxın yerləşdiyinə görə yelkən kimi işləyir və ona küləyin təsiri artır. Az sayda daha qalın vantlar çox sayda kiçik en kəsikli vantlardan daha sərfəlidir. Çünki küləyin təzyiqinə perpendikulyar olan səth sahəsi kəskin azalır.
5. Körpü vantlarının möhkəmlik və dözümlülük şərtləri ödənsədə, körpü tirinin sərtliyi keçərli deyil. Buna görə vantların dartılma qüvvəsini artırmaq və keçid tirin üzərinə düşən beton qatını azaltmaq gərəkdir.

### İstinadlar

1. Yang, F., Zhao, H., A.L., & Fang, Z. (2023). Experimental-numerical analysis on the cable vibration behavior of a long-span rail-cum-road cable-stayed bridge under the action of high-speed trains. Applied Science, 13(11082). <https://doi.org/10.3390/app13111082>
2. Кадисов, Г.М., & Чернышев, В.В. (2011). Динамика вантового моста после обрыва ванты. Вестник Сиб. АДИ, 4(22)
3. Горелов, С.Н., Жаданов, В.И., & Аркаев, М.А. (2012). Результаты численных исследований вантового пешеходного моста через реку Урал. Вестник ОГУ, 9(145), Сентябрь
4. Козьмин, Н.А. (2012). О некоторых способах определения усилий регулирования в вантово-балочных мостах. Вестник СГУПС, 28

5. Jakiel, P., & Marico, Z. (2017). Estimation of cables tension of cable-stayed footbridge using measured natural frequencies. MATEC Web of Conferences, 107, 00006. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710700006>
6. Dehghani, H., Dehghani, E., Sharifi, M., & Vaer, S.R. (2024). Effect of initial cable tension on cable-stayed bridge performance and a new construction method. Journal of Rehabilitation in Civil Engineering, 12(4), 136-154
7. AzDTN 2.1-1. (2015). Yüklər və təsirlər. Bakı
8. Baku White City pedestrian bridge. (2022). Azerbaijan Structure Design Report. CD-00 Superstructure design report. UN studio, Stuttgart
9. AzDTN 2.05.03.84. (2011). Körpülər və borular. Bakı.
10. Papadopolus, P.G., Arethas, J., & Lazaridis, P. (2005). Numerical study on the behavior of cables of cable-stayed bridges. Earthquake Resistant Engineering. WIT Transaction on the Built Environment, 81

## References

1. Yang, F., Zhao, H., A.L., & Fang, Z. (2023). Experimental-numerical analysis on the cable vibration behavior of a long-span rail-cum-road cable-stayed bridge under the action of high-speed trains. Applied Science, 13(11082). <https://doi.org/10.3390/app13111082>
2. Kadisov, G.M., & Chernychev, V.V. (2011). Dynamics of a cable-stayed bridge after the cable break. Vestnik Sib. ADI, 4(22)
3. Gorelov, S.N., Zhadanov, V.I., & Arkaev, M.A. (2012). Results of numerical studies of a pedestrian cable-stayed bridge across the Ural River. Vestnik OGU, 9(145), September
4. Kozmin, N.A. (2012). On some methods of determining the regulation forces in cable-beam bridges. Vestnik SGUPS, 28
5. Jakiel, P., & Marico, Z. (2017). Estimation of cable tension of a cable-stayed footbridge using measured natural frequencies. MATEC Web of Conferences, 107, 00006. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710700006>
6. Dehghani, H., Dehghani, E., Sharifi, M., & Vaer, S.R. (2024). Effect of initial cable tension on cable-stayed bridge performance and a new construction method. Journal of Rehabilitation in Civil Engineering, 12(4), 136-154
7. AzDTN 2.1-1. (2015). Loads and effects. Baku.
8. Baku White City pedestrian bridge. (2022). Azerbaijan Structure Design Report. CD-00 Superstructure design report. UN studio, Stuttgart
9. AzDTN 2.05.03.84. (2011). Bridges and pipes. Baku.
10. Papadopolus, P.G., Arethas, J., & Lazaridis, P. (2005). Numerical study on the behavior of cables of cable-stayed bridges. Earthquake Resistant Engineering. WIT Transaction on the Built Environment, 81

*Məqaləyə istinad: Məstənzadə, N.S., Rüstəmli, T.M., Mehtiyev, Y.Ə. (2025). Vant körpüsünün troslarının möhkəmlilik və dözümlülüyünün təyin edilməsi. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzMİU, 1, 125-131*

*For citation: Mastanzade, N.S., Rustamli, T.M., Mehtiyev, Y.A. (2025). Determination of strength and endurance of cables of a cable-stayed bridge. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzUAC, 1, 125-131*

Redaksiyaya daxil olma/Received 11.10.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 11.01.2025

## KANALLARDA SU SƏRFİYYATININ EMPİRİK TƏNLİKLƏRLƏ HESABLANMA ÜSULLARININ TƏDQIQI

**Rzayev Asif Hacı oğlu**- t.e.d., Neft-qazçıxarma obyektlərinin intellektual, diaqnostika və idarəetmə sistemləri laboratoriyası, İSİ, AMEA, asifrzayev48@gmail.com

**Məmmədli Məryam İqbal qızı**- assistent, İnformasiya texnologiyaları və sistemləri kafedrası, AzMIU, maryammammadli@gmail.com

**Xülasə.** Açıq kanal axınlarında su sərfiyyatını müəyyən etmək üçün istifadə olunan müxtəlif üsullar mövcuddur. Ətraf mühit faktorları, təbii şərait və axın xüsusiyyətləri kimi bir çox səbəbə görə axınlarda ölçmələr sahədə aparılan tədqiqatlarla həyata keçirilə bilmir. Bu çətinliklər tədqiqatçıları bir çox empirik formullar hazırlamağa istiqamətləndirdi. Manning tənliyi, istifadəsi sadə və çox vaxt yaxşı nəticələr verdiyi üçün bu düsturlardan ən məşhurdur və geniş şəkildə istifadə olunur. Bu məqalədə Manning tənliyi ilə su sərfiyyatının hesablanması üsuluna baxılmışdır. Çay yatağında və ya daşqın sahələrində orta axın sürətini tapmaq üçün istifadə edilən düstur 1889-cu ildə Robert Manning tərəfindən nəşr edilmişdir. Tədqiqatın məqsədi, əksər parametrləri özündə birləşdirən Cowan metodu üsullarından istifadə etməklə həm çay sahəsində, həm də kənar ərazilərdə Manning əmsalını ( $n$ ) müəyyən etməkdir. Məhz buna və digər səbəblərə görə ölkə prezidenti cənab İlham Əliyev sudan səmərəli istifadə edilməsinə xüsusi diqqət ayıraraq bir neçə sərəncam imzalamış və Azərbaycan Respublikasının 2040-cı ilədək su strategiyası hazırlanmışdır. Bu strategiyada suyun dəqiq hesabatının aparılması tövsiyyə olunur.

**Açar sözlər:** su sərfiyyatı, Chezy sürət tənliyi, Manning tənliyi, Manning kələ-kötürlülük əmsalı, Cowan metodu

## STUDY OF CALCULATION METHODS OF WATER CONSUMPTION IN CANALS WITH EMPIRICAL EQUATIONS

**Rzayev Asif Haji** - PhD in tech.sc., Intellectual, diagnostics and management systems laboratory, ICS, ANAS, asifrzayev48@gmail.com

**Mammadli Maryam Iqbal** - assistant, department of Information technologies and systems, AzMIU, maryammammadli@gmail.com

**Abstract.** There are various methods used to determine water consumption in open channel flows. For many reasons, such as environmental factors, natural conditions, and flow characteristics, measurements in streams cannot be performed by field surveys. These difficulties have led researchers to develop many empirical formulas. Manning's equation is the most famous and widely used of these formulas because it is simple to use and often gives good results. In this article, the method of calculating water consumption using the Manning equation was considered. A formula used to find the average flow velocity in a riverbed or floodplain was published by Robert Manning in 1889. The aim of the study is to determine Manning's coefficient ( $n$ ) in both river area and marginal areas using Cowan's method methods which include most parameters. It is for this and other reasons that the President of the country, Mr. Ilham Aliyev, paid special attention to the efficient use of water and signed several decrees, and the water strategy of the Republic of Azerbaijan until 2040 was prepared. Accurate water reporting is recommended in this strategy.

**Keywords:** water consumption, Chezy rate equation, Manning equation, roughness coefficient, Cowan method

**Giriş.** Canlı həyatın davam etdirilməsi üçün əsas tələblərdən biri olan su bu gün daha çox əhəmiyyət kəsb edir. Əhalinin artması ilə paralel inkişaf edən sənaye və kənd təsərrüfatı fəaliyyətləri suya olan tələbatın artmasına səbəb olub. Sənayenin inkişafı və ətraf mühit təsirləri, tənzimlənməmiş

urbanizasiya, qlobal istiləşmə və buna bənzər amillər su ehtiyatlarına nəzarəti və istifadəni çox çətinləşdirib. Ona görə də su ehtiyatlarından davamlı istifadəsini təmin etmək üçün suyun həm keyfiyyət, həm də kəmiyyət baxımından xüsusiyyətlərini müəyyən etmək və izləmək lazımdır [1]. Dünya standartlarına görə hər hansı bir ölkəni su zəngini hesab etmək üçün adambaşına düşən suyun miqdarının ildə  $8000-10000 \text{ m}^3$  olması lazım olduğunu nəzərə alsaq, ölkəmizin su ilə zəngin olmadığı və su qıtlığından əziyyət çəkən ölkələr sırasında olduğu görünür [1]. Beləliklə, Azərbaycanda adambaşına düşən suyun miqdarı 2023-cü ilin proqnozlarına görə 810 litr hesab olunur [2].

Müəyyən zaman fasiləsində axın kəsiyinin müəyyən hissəsindən keçən suyun miqdarına həmin mayenin axın sərfi deyilir. Onun vahidi  $\text{m}^3/\text{s}$  və ya  $\text{l/s}$ -dir. Axınların sərfiyyatının ölçülməsində dəqiqlik və davamlılıq su idarəsi və su anbarlarının strukturlarının planlaşdırılması üçün böyük əhəmiyyət kəsb edir. Bundan əlavə, daşqın proqnozu və buna uyğun olaraq can və mal təhlükəsizliyinin təmin edilməsi baxımından böyük faydalar təmin edir. Hidroloji dövrün ən vacib elementlərindən biri olan sərf, bir hövzədə baş verən bütün meteoroloji və hidroloji formaların nəticəsi hesab olunur. Axının sərfi, hidrologiyanın ən mühüm ölçmələrindən biridir və axının müəyyən en kəsik sahəsindən vahid zamanda keçən suyun həcmidir. Bununla əlaqəli sahəyə hidrometriya deyilir. Beləliklə, hidrometriya, suyun axma sürəti, sərfi, səviyyəsi, gətirmələr və s. kimi hidroloji kəmiyyətlərin ölçülməsi və monitorinqini həyata keçirən üsullar haqda olan elm sahəsidir [3].

Açıq kanal axınlarında sərfiyyatı təyin etməyin ən etibarlı və ənənəvi üsulu hesab edilən sürət-sahə ölçülməsi üsulu iqtisadi cəhətdən əlverişli hesab olunmur. Buna görə də, daha az parametrdən asılı axın ölçməsi praktikada daha çox istifadə olunur. Bu üsullardan ən çox yayılmışlarına açar ayrıləri, ölçmə bəndləri və Manning tənliyi kimi empirik əlaqələr aid edilir [4]. Son illərdə axın kəsiyinin orta sürəti ( $U$ ) və maksimal sürəti ( $u_{\text{mak}}$ ) arasındakı məlum sabit əlaqəyə əsaslanan entropiya üsulu ilə axın sərfinin təyini üsulundan da istifadə edilmişdir [5]. Hidravlik hesablamalarda istifadə edilən ən mühüm yanaşmalardan biri Manning üsuludur. Metod 1889-cu ildə İrlandiyalı mühəndis Robert Manning tərəfindən nəşr edilmişdir və bu gün də geniş istifadə olunur [6]. Manning düsturunda kəsik sahəsi, hidravlik radius və kanalın dib ayrısı fiziki olaraq ölçülə bilən parametrlərdir. Axın sərfi və sürəti hesablanarkən müvafiq parametrlər tənlikdə yerinə qoyulur. Bununla belə, Manning əmsalı ( $n$ ) fiziki olaraq ölçülə bilən əmsal deyil, xüsusən də təbii axın yataqlarında və müxtəlif meyarlara görə empirik olaraq ölçülməsi müəyyən edilmişdir və axın yataqlarında axına təsir edən ən mühüm parametrdir. Bu parametrin dəyişməsi hidravlik hesablamaların nəticələrinə birbaşa təsir göstərir [7].

Manning düsturunda kəlakötürlüyə təsir edən amillər 1959-cu ildə Chow [8], 1966-cı ildə Henderson [9] və 1971-ci ildə Streeter [10] tərəfindən təklif edilmişdir. Təbii kanalların kəlakötürlülük xüsusiyyətləri Barnes tərəfindən verilmişdir. Barnes tipik çaylar və axınlar üçün  $n$  dəyərlərini vermişdir. Bundan əlavə, Manning əmsalını təyin etmək üçün Manning cədvəlləri, fiziki/empirik əlaqələr, axın sürətinin ölçülməsinə əsaslanan hesablamalar və Cowan metodundan istifadə olunur [10, 11].

Daşqınlar və su strukturlarının ölçüləri kimi tədqiqatlar araşdırıldıqda, əsasən, Manning cədvəllərinin praktikliyinə görə istifadə edildiyi görülür. "Manning əmsal cədvəli"-dən istifadə etməklə aparılan tədqiqatlar göstərmişdir ki, proqnozlaşdırılan sürətlərlə faktiki axın sürətləri arasında əhəmiyyətli fərqlər mövcuddur. Xüsusilə, aşağı Manning əmsalının seçilməsi nəticəsində əldə edilməsi mümkün olmayan yüksək sürətlər müşahidə edilmişdir. [12].

Axın sürətinin ölçülməsi ilə nahamarlığın aşkarlanması ən etibarlı üsul olmasına baxmayaraq, bu ölçməni həyata keçirmək çətin və vaxt tələb edən bir proses ola bilər. Bununla belə, bu üsullarla əldə edilən kəlakötürlülük dəyərləri kalibrə etmək üçün istifadə edilə bilər. Fiziki təcrübələrdən alınan əmsallar əsasən normal şəraitdə alındığından qeyri-bərabər çay yataqlarında dəqiq nəticə verə bilmir. Süni və təbii kanalların sürətini və axın sərfiyyatını təyin edərkən kanalın en kəsiyinin "R" hidravlik radiusu və kanalın mailliyi tapılır. Sonra Manning "n" əmsalı seçilməklə hesablamalar aparılır. Süni kanallarda bu seçim nisbətən asandır. Kanal örtüyündən asılı olaraq dəyərlərdən biri seçilə bilər. Çayların, göllərin sürəti və sərfiyyatı tapılarkən eyni şəkildə  $n$  əmsalı seçilir. Manning əmsalının seçilməsi seçimi aparan tədqiqatçının biliyindən, təcrübəsindən və uzaqgörənliyindən asılıdır. "n"

əmsalı, tədqiq olunan səthin kələ-kötürlülük xüsusiyyətlərindən, bitki örtüyündən, forma və ölçü dəyişikliyindən, kanal boyunca kəsiklərin ayrılıyından və ya qıvrımlarından asılı olaraq dəyişir. Bundan əlavə, çay üzərində tikilmiş konstruksiyaların (körpünün dayaqları) sayından, formasından və ölçüsündən asılı olaraq kəsikdə suyun səviyyəsindən, həmçinin axın sərfindən və bitki örtüyünün mövsümi (müvəqqəti) dəyişmələrinə görə dəyişir. Cowan metodunda, yuxarıda izah edildiyi kimi Manning əmsalı “n” nahamarlığa səbəb olan bir çox amillər nəzərə alınmaqla hesablanır. Digər üsullarla müqayisədə çayın fiziki-həndəsi və zamana bağlı olaraq (çay yamacının bitki örtüyünün vəziyyətində mövsümi dəyişikliklər) dəyişiklikləri nəzərə aldığı üçün çay bölgəsində “Cowan metodu” tətbiq edilmişdir. Çay yatağından kənar ərazilərdə, yəni daşqın yatağında kələ-kötürlülük xüsusiyyətlərini təyin edərkən, uzaqdan təyinetmə üsulları ilə alınan iş sahəsinin təsviri, idarə olunan tədqiqat sahəsində təsnifat metodundan istifadə etməklə vahidliyə nail olunmuşdur [12].

Açıq kanal axını üçün kələ-kötürlülük əmsallarını təyin etmək üçün bir çox tədqiqatlar aparılsa da, sıx bitki örtüyü olan hissələrdə və ya şəhər sərhədlərindəki daşqın düzənlikləri üçün tədqiqatlar məhduddur.

**Materiallar və tədqiqat üsulları.** Axınların sürətini bəzən mulinlər cihazı ilə ölçmək olmur. Xüsusilə daşqın zamanı heç bir ölçmə aparılmayıbsa və daşqın izlərindən istifadə edilməklə daşqın sərfi hesablanacaqsə, bəzi empirik düsturlardan istifadə edərək sürəti hesablamaq lazım gələcəkdir. Əsasən istifadə olunan sürət düsturları:

**a) Chezy sürət formulu:** Chezy sürət düsturu açıq kanallarda suyun sürətini hesablamaq üçün istifadə edilən klassik hidrodinamik tənlikdir. Bu düstur ilk dəfə 1775-ci ildə fransız mühəndisi Antoine Chezy tərəfindən Parisin su kanalı sistemini layihələndirərkən konseptuallaşdırılıb və inkişaf etdirilib. 1775-ci ildə Perronetə yazdığı hesabatda bu tənliyin hidravlikada mühüm rol oynadığını qeyd edirdi. Lakin bu hesabat dərc edilməmiş və ölümündən sonra mühəndislər tərəfindən tədqiq edilmişdir. Yalnız Chezy tərəfindən yazılmış əlyazma mövcuddur. Bu əlyazma Chezy-nin məktəb direktoru olduğu Milli Ekole des Ponts et Chaussées-in kitabxanasında saxlanılır. Sonrakı tədqiqatlar Chezy tənliyindəki C əmsalını ən dəqiq şəkildə təyin etməyə istiqamətlənmişdir. Lakin bu əmsalın müəyyən edilməsində çətinliklər bu günə qədər davam etmişdir. Chezy sürət formulunu Manning kələ-kötürlülük əmsalı (n), hidravlik radius (R), su səthi və ya dib əyrisi (J) kimi parametrlər təşkil edir. Chezy sürət formulu aşağıdakı kimi təyin olunur. [13]

$$V = C\sqrt{RJ}$$

Manning Chezy düsturunda C əmsalının dəyərini, Manning kələ-kötürlülük əmsalının (n) tərsi və hidravlik radiusun  $1/6$  qüvvəti (R) ilə dəyişdiyini müəyyən etmişdir. Müvafiq olaraq, Manningə görə, Chezy əmsalı, Manning n və Fanning sürtünmə əmsalı f arasındakı əlaqələr aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} = \sqrt{\frac{2g}{f}}$$

burada n Manning kələ-kötürlülük əmsalı, f Fanning sürtünmə əmsalı, g isə qravitasiya sahəsinin intensivliyidir.

Manning

tərəfindən tapılan C-ni, Chezy düsturunda yerinə qoyularsa, aşağıdakı nəticə alınar.

$$v = C (RJ)^{1/2}$$

$$v = \frac{1}{n} R^{1/6} (RJ)^{1/2}$$

Beləliklə, Manning sürət tənliyi əldə edilir.

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} J^{1/2}$$

**b) Manning sürət tənliyi:** Manning əmsalı (n), hidravlik radius (R), su səthi və ya dib əyrisinə (J) görə sürəti tapmaq üçün istifadə olunur. Düstur,

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} J^{1/2}$$

n, R, J kanalı xarakterizə edən fiziki xüsusiyyətlərdir. Kanalın dib əyrisi (J) və hidravlik radiusu (R) ölçmələrlə asanlıqla müəyyən edilə bilər. Manning əmsalı təbii və ya süni kanalın bir çox

xüsusiyyətlərindən asılı olaraq hazır cədvəllərdən alınan əmsaldır. (n) Manning əmsalının seçilməsində nəzərə alınmalı amillər və onun əldə edilməsinə kömək edəcək məlumatlar aşağıda verilmişdir.

Manning kələ-kötürlülük əmsalına təsir edən amillər: Kanal örtüyündən asılı olaraq bilinən dəyərlərdən biri seçilə bilər. Çayların, deryaçaların sürəti və sərfi tapılarkən eyni şəkildə n əmsalı seçilir. Bu seçim, ümumiyyətlə, təxmini dəyərdir və onun bütün kanalda dəyişməyəcəyini nəzərə alaraq edilir. n əmsalını seçərkən aşağıdakı amillərin təsirini nəzərə almaq lazımdır.

- Səthin kobudluğu;
- Flora;
- Kanalın nizamsızlığı;
- Kanalın ayrılığı;
- Yığılma və aşınma;
- Maneələr;
- Kanal kəsiyi ölçüsü və forması;
- Səviyyə və Sərf;
- Mövsümi Dəyişikliklər.

Cowan metodu: Metod 1956-cı ildə W.L.Cowan tərəfindən hazırlanmış və 1989-cu ildə Geoloji Tədqiqat tərəfindən dəyişdirilmişdir. Dövlət Su Təsərrüfatı İdarəsinin (DSİ) daşqınlar üzrə ixtisas komissiyası tərəfindən “Modifikasiya olunmuş Cowan metodunun” kələ-kötürlülük cədvəlinə “Kanalın yamac vəziyyəti ( $n_1$ )” parametri əlavə edilmiş və onun yekun vəziyyəti aşağıdakı kimi olmuşdur [10]. Cowan Manning əmsalına təsir edən mühüm amilləri nəzərə alaraq, n əmsalının hesablanması üsulunu təklif etmişdir. Bu üsula görə n əmsalı aşağıdakı tənlik ilə hesablanır.

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3)m$$

Burada “ $n_0$ ” kanalın qunt xüsusiyyətlərinə görə seçilmiş əmsaldır, “ $n_1$ ” səth pozuntularının təsiri üçün düzəliş qiymətidir, “ $n_2$ ” kanal en kəsiyinin forma və ölçü dəyişiklikləri üçün seçilmiş əmsaldır, “ $n_3$ ” kanaldakı maneələrin təsiri üçün müəyyən edilmiş əmsaldır, “ $n_4$ ” axın şəraiti və bitki örtüyü üçün seçilmiş əmsaldır, “m” kanalın ayrılık dərəcəsini ifadə edən əmsaldır. Yuxarı tənlikdəki “ $n_0$ ” əmsalı cədvəl 1 və 2-də göstərilən median diametrə uyğun olaraq tapılır. Median diametri sahədən götürülmüş nümunələrin təhlili nəticəsində əldə edilmişdir.

**Cədvəl 2.** DSİ tərəfindən dəyişdirilmiş Cowan metodu materialın növünə görə “ $n_0$ ” dəyərləri

|                        |              |                        |        |                         |             |
|------------------------|--------------|------------------------|--------|-------------------------|-------------|
| <b>Materialın növü</b> | Beton        | <b>Median diametri</b> | -      | <b><math>n_b</math></b> | 0,012-0,018 |
|                        | Qaya         |                        | -      |                         | -           |
|                        | Sərt torpaq  |                        | -      |                         | 0,025-0,032 |
|                        | İri qum      |                        | 1-2    |                         | 0,026-0,035 |
|                        | Kiçik çınqıl |                        | -      |                         | -           |
|                        | Çınqıl       |                        | 2-64   |                         | 0,028-0,035 |
|                        | İri çınqıl   |                        | -      |                         | 0,030-0,050 |
|                        | İri daş      |                        | 64-256 |                         | 0,040-0,050 |

Bu əmsallar kanalın xüsusiyyətlərinə uyğun olaraq cədvəl 1-də verilmişdir.

**Cədvəl 2:** Kanal şərtləri və kələ-kötürlülük dəyərləri

| <b>Kanal şərtləri</b> |        | <b>Manning kələ-kötürlülük əmsalı (n)</b> | <b>(n) dəyərləri</b> |
|-----------------------|--------|-------------------------------------------|----------------------|
| Kanal materialı       | Torpaq | $n_0$                                     | 0,020                |
|                       | Qaya   |                                           | 0,025                |
|                       | Qum    |                                           | 0,024                |
|                       | Çınqıl |                                           | 0,028                |
|                       | Hamar  | $n_1$                                     | 0,000                |

|                             |                  |       |               |
|-----------------------------|------------------|-------|---------------|
| Nizamsızlıq dərəcəsi        | Vacib olmayan    |       | 0,005         |
|                             | Orta             |       | 0.010         |
|                             | Şiddətli         |       | 0,020         |
| Kanal radiusunda dəyişiklik | Mərhələli        | $n_2$ | 0,000         |
|                             | Bəzən dəyişən    |       | 0,005         |
|                             | Sıxlıqla dəyişən |       | 0,010 - 0,015 |
| Maneələrin oxşar təsirləri  | Nəzərə alınmayan | $n_3$ | 0,000         |
|                             | Vacib olmayan    |       | 0,010 - 0,015 |
|                             | Diqqətəlayiq     |       | 0,020 - 0,030 |
|                             | Şiddətli         |       | 0,040 - 0,060 |
| Bitki örtüyü                | Az               | $n_4$ | 0,005 - 0,010 |
|                             | Orta             |       | 0,010 - 0,025 |
|                             | Yüksək           |       | 0,025 - 0,050 |
|                             | Çox yüksək       |       | 0,050 - 0,100 |
| Qat dərəcəsi                | Vacib olmayan    | $n_5$ | 1.000         |
|                             | Diqqətəlayiq     |       | 1.150         |
|                             | Şiddətli         |       | 1.300         |

- **$n_0$  əmsali:** Torpaq kanalları üçün  $n_0 = 0,020$ , qaya bünövrəli kanallar üçün  $n_0 = 0,025$ , çınqıllı kanallar üçün  $n_0 = 0,024$  və qumda açılan kanallar üçün  $n_0 = 0,028$  kimi qəbul edilə bilər.
- **$n_1$  əmsali:** Bu əmsal kanalın dəyişikliyinə əhatə edən korreksiya əmsalıdır.
- **$n_2$  əmsali:** Kanal kəsinin forma və ölçüsündə dəyişiklikləri əhatə edən düzəliş əmsalıdır. Kanalın ölçüsü və formasının dəyişməsi tədricən baş verirsə, bu, tədricən, geniş və dar hissələr bir-birini izləyirsə və ya forma dəyişikliyi axının istiqamətini dəyişirsə, bəzən dəyişən, geniş və dar hissələr çox tez-tez baş verirsə və ya forma dəyişikliyi axının istiqamətini birdən dəyişirsə, tez-tez dəyişən terminlərdəki dəyərlər istifadə olunur.
- **$n_3$  əmsali:** Kanalda mövcud olan maneələri özündə cəmləşdirən düzəliş əmsalıdır. Bu əmsalın seçilməsində kanaldakı zibil, qabar, log, qaya və körpü dayaqaları kimi maneələr nəzərə alınır. Bu əmsal maneələrin əhatə etdiyi sahə, maneələrin xüsusiyyətləri, uzununa və üfüqi istiqamətdə maneələrin əhatə etdiyi sahə nəzərə alınmaqla Cədvəl 1-dən seçilir.
- **$n_4$  əmsali:** Bu əmsalın seçilməsində kanal daxilində bitki örtüyünün təsiri nəzərə alınır. Orta axın dərinliyi mamır və alaq otlarının dərinliyindən 2-3 dəfə çox olduqda və ya orta axın dərinliyi elastik tinglərin və söyüd tinglərinin dərinliyindən 3-4 dəfə çox olduqda. Ortalama su dərinliyi mövcud mamır və alaq qatından 1-2 dəfə, ortalama su dərinliyi köklü otların və ağac tinglərininkindən 2-3 dəfə çox olduğu yerlərdə və hidravlik radius 0,60 m-dən çox olmadığı yüngül kolların və 1-2 yaşlı söyüdlərin olduğu yerlərdə, bitki örtüyünün orta hesab edilir. Bitki örtüyünün hündürlüyü orta suyun dərinliyinə bərabər olan, hidravlik radiusu 0,60 m-dən çox olan söyüdlər və yarpaqsız tinglər olduqda və hidravlik radiusu 0,60 m-dən çox olan 1 yaşa qədər yarpaqlı söyüdlər olduqda bitki örtüyü yüksəkdir. Suyun orta dərinliyi bitki örtüyündən az olan, hidravlik radiusu 3m-4m olan yamyaşıl söyüdlər və yarpaqlı kollar, vegetasiya dövründə isə hidravlik radiusu 2m-4m olan yarpaqlı ağaclar olduqda bitki örtüyü çox yüksəkdir.
- **$n_5$  əmsali:** Bu əmsala kanalda əyilmə (qatlanma) səviyyəsi daxildir. Menderasiya səviyyəsi kanal boyu menderasiya uzunluğunun düz uzunluğa nisbətindən asılıdır. Əyrilik 1,0 ilə 1,2 arasında əhəmiyyətsiz, 1,2 ilə 1,50 arasında əhəmiyyətli, 1,5-dən çox olduqda isə şiddətli hesab olunur. Bu üsulla  $n$  əmsalı tapılarkən bir çox amillər nəzərə alınmalıdır. Metod yataqda tampon materialının yığılmasını və asma materialın təsirini nəzərə almır. Ümumiyyətlə orta ölçülü kanallar üçün keçərlidir. Hidravlik radius 4,5 m-dən çox olduqda ehtiyatla istifadə edilməlidir. Bu üsul astarsız təbii

kanallarda, sel düzənliklərində və drenaj kanallarında tətbiq oluna bilər və bu tip kanallarda minimum 0,02 n dəyəri alınır. Məlum olduğu kimi, örtüklü kanallarda minimum n dəyəri 0,012-dir.

Mühəndislik həyatında tez-tez bəzi eksperimental praktiki tənliliklərin köməyi ilə çox vacib məsələlər həll edilir və bunlar, adətən, tənliliklərin yaradıcısının adı ilə tanınır. Məsələn, çay yatağından dərəyə və ya kanala axan suyun sərfini tapmaq üçün Manning tənliyindən istifadə edirik. Bu tənliliklə açıq və maili axın, kanal və s. su daşıyan strukturlardan cazibə qüvvəsinin təsiri altında axan suyun orta sürətini və buna görə də sərfi tapmaq olduqca asandır.

Manning düsturu mayeni tam əhatə etməyən kanalda axan mayenin orta sürətini, yəni açıq kanal axınını qiymətləndirən empirik bir düsturdur. Əlavə olaraq, bu tənlilik qismən doldurulmuş kanallarda axın halında axın dəyişənlərini hesablamaq üçün də istifadə olunur, çünki onlar açıq kanal axını kimi sərbəst səthə malikdirlər. Açıq kanallardakı bütün axın cazibə qüvvəsi ilə idarə olunur. İlk dəfə 1867-ci ildə fransız mühəndisi Philippe Gauckler tərəfindən təqdim edilmişdir. Sonrakı illərdə, 1890-cı ildə İrlandiyalı mühəndis Robert Manning tərəfindən yenidən işlənib hazırlanmışdır. Manning formulası Avropada Gauckler-Manning formulası və ya Gauckler-Manning-Strickler formulası kimi də tanınır. ABŞ-da buna sadəcə Manning tənliyi deyilir [14].

Bu üsulda, yatağın fiziki xüsusiyyətlərindən istifadə edərək, Manning tənliyi ilə sərf hesablanır.

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} J^{1/2}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} J^{1/2} A$$

- $v$  : Orta sürət (m/s);
- $R$  : Hidravlik radius (en kəsik sahəsi/nəm mühit) (m);
- $J$  : Kanal əyrisi (m/m);
- $n$  : Gauckler-Manning əmsalıdır.  $n$  vahidi, adətən, nəzərə alınmır. Bununla belə,  $n$  ölçüsüz deyil.  $m^{-1/3} \times \text{san}$
- $A$ : Axan suyun en kəsiyi sahəsi (m<sup>2</sup>);
- $P$ : Su ilə təmasda olan kəsik sahəsinin perimetri və ya yaş perimetri (m).

Bu üsulda, təxmin edilməsi çox çətin olan Gauckler-Manning əmsalına əlavə olaraq, kəsik sahəsi, yaş mühit və kanal əyrisi lazımdır. Bir çox tədqiqatçı yataq materialına əsaslanaraq təxmin edilən Gauckler-Manning əmsallarını təqdim ediblər. Burada “ $n$ ” Gauckler-Manning əmsalının seçilməsi çox vacibdir. Hamar bir polad kanalda bu əmsal 0,012 olduğu halda, yatağı daşlarla dolu olan axınlarda bu əmsal 0,06-ya qədər çıxa bilər. Bəzi strukturların manning əmsalları aşağıdakı cədvəldə verilmişdir.

**Cədvəl 2:** Manning əmsalları

| Material           | Manning əmsalı |
|--------------------|----------------|
| Daşlı torpaq kanal | 0,035          |
| Şüşə               | 0,010          |
| Plastik            | 0,009          |
| Asfalt             | 0,016          |

Gauckler-Manning düsturu, axını daha dəqiqliklə ölçmək üçün suasıran və ya kanal tikmək qeyri-mümkün olan açıq kanalda axan suyun orta sürətini qiymətləndirmək üçün istifadə olunur. Kəsik sahəsi və  $n$  təbii kanal boyunca dəyişir. Müvafiq olaraq, Manning  $n$ -ni fərz etməklə orta sürətin qiymətləndirilməsində birbaşa nümunə götürmə (yəni, axın axını ölçmə cihazı ilə) və ya bəndlər, kanallar və ya su ötürücülər boyunca ölçmə ilə müqayisədə daha böyük səhv gözlənilir. Manning tənliyi də açıq kanalda axan suyun sərbəst səth profilini təsvir etmək üçün standart addım metodu kimi ədədi addım metodunun bir hissəsi kimi geniş istifadə olunur.

**Nəticə.** Kanallarda su sərfiyyatının empirik tənliklərlə hesablanma üsullarının müasir vəziyyətinin tədqiqi göstərmişdir:

1. Açıq kanal axınlarında su sərfiyyatını təyin etməyin yollarından biri olan sürət-sahə üsulundan fərqli olaraq Manning tənliyi daha az parametərə əsaslanır və müəyyən edilməsi daha asan hesab olunur.
2. Su sərfiyyatının empirik tənliklərlə hesablanma üsullarından olan Manning sürət tənliyini təşkil edən kanalın dib əyrisi ( $J$ ) və hidravlik radiusu ( $R$ ) kimi parametrlər müxtəlif ölçmə metodları ilə asanlıqla müəyyən edilə bilər. Manning kələ-kötürlülük əmsalı ( $n$ ) isə təbii və ya süni kanalın bir çox xüsusiyyətlərindən asılı olaraq hazır cədvəllərdən alınan əmsaldır. Lakin bu əmsal zaman keçdikcə dəyişməyə məruz qalır və onun korrektə olunması su sərfiyyatının empirik tənliklərlə hesablanma üsullarının dəqiqliyinin artırılmasına kömək edə bilər.
3. 1956-cı ildə W.L.Cowan tərəfindən təklif olunan Cowan metodu ilə əmsala təsir edən amillər nəzərə alınaraq, Manning kələ-kötürlülük əmsalının hesablanma düsturu tərtib edilmişdir. Məqalədə Cowan metodu ilə təyin edilən və materialın növünə görə dəyişiklik göstərən Manning kələ-kötürlülük əmsalının cədvəlləri göstərilmişdir.
4. Manning və Chezy sürət tənliklərlə hesablanan sürətdən istifadə edərək müəyyən edilən axının sərfiyyatının, birbaşa edilən axın ölçməsi nəticəsində ölçülən axın sərfi qədər etibarlı olması mümkün deyildir. Bununla belə, ilkin tədqiqatlarda daşqın hesabı hazırlanarkən, layihə mərhələsində pik axının qiymətləndirilməsində və kanalın tutumunun hesablanmasında bu metodlardan istifadə edilməlidir.

#### İstinadlar

- 1.Ardıçlıoğlu, M., Gemici, E., & Özdin, S. (2011). Doğal akarsularda debinin belirlənməsi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, (2), 73–77.
- 2.Azərtac. (2023, Mart 14). Ən müasir su idarəetməsi tətbiq edilsə, vəziyyət indikindən də yaxşı ola bilər. [https://azertag.az/xeber/ekspert\\_en\\_muasir\\_su\\_idareetmesi\\_tetbiq\\_edilse\\_veziyyet\\_indikinden\\_de\\_yaxsi\\_ola\\_biler-2531612](https://azertag.az/xeber/ekspert_en_muasir_su_idareetmesi_tetbiq_edilse_veziyyet_indikinden_de_yaxsi_ola_biler-2531612)
- 3.Yurtseven, B. R., & Kalkavan, S. (2019). Hidrometri (su ölçümü) uygulamalarında debi ölçümleri. Meteoroloji Mühendisleri Odası Hidroloji Komisyonu.
- 4.Chow, V. T. (1959). Open channel hydraulics. McGraw-Hill Book Co.
- 5.Chiu, C. L., & Said, C. A. (1995). Modeling of maximum velocity in open-channel flow.
- 6.DSİ (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü). (2016). Dere yatakları için pürüzlülük katsayısı belirleme kılavuzu. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- 7.Demir, V., & Keskin, A. (2019). Manning pürüzlülük katsayısının Cowan yöntemi ve uzaktan algılama yardımıyla belirlenmesi. Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 5(2), 167–177.
- 8.Chow, V. T. (1959). Open channel hydraulics. McGraw-Hill.
- 9.Henderson, F. M. (1966). Open-channel flow. MacMillan Publishing Co. Inc.
10. Cowan, W. L. (1956). Estimating hydraulic roughness coefficients. Agricultural Engineering, 37(7), 473–475.
11. Arcement, V. R., & Schneider, G. J. (1989). Guide for selecting Manning's roughness coefficients for natural channels and flood plains. U.S. Geological Survey Water Supply Paper 2339.
12. Demir, V., & Keskin, A. Ü. (2019). Manning pürüzlülük katsayısının Cowan yöntemi ve uzaktan algılama yardımıyla belirlenmesi. Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 5(2), 167–177.
13. Yerdelen, C. (n.d.). Dikdörtgen kesitli açık kanallarda sürtünme katsayısı [Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].
14. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. (2019). Hidrometrik ölçüm yönergesi. Tarım ve Orman Bakanlığı.

#### References

- 1.Ardiclioglu, M., Gemici, E., & Ozdin, S. (2011). Determination of discharge in natural streams. Journal of Agricultural Science Research, (2), 73–77.

- 2.AZERTAC. (2023, March 14). If the most modern water management is applied, the situation can be even better than now. [https://azertag.az/xeber/ekspert\\_en\\_muasir\\_su\\_idareetmesi\\_tetbiq\\_edilse\\_veziyyet\\_indikinden\\_de\\_yaxsi\\_ola\\_biler-2531612](https://azertag.az/xeber/ekspert_en_muasir_su_idareetmesi_tetbiq_edilse_veziyyet_indikinden_de_yaxsi_ola_biler-2531612)
- 3.Yurtseven, B. R., & Kalkavan, S. (2019). Discharge measurements in hydrometry (water measurement) applications. Hydrology Commission of the Chamber of Meteorological Engineers.
- 4.Chow, V. T. (1959). Open channel hydraulics. McGraw-Hill Book Co.
- 5.Chiu, C. L., & Said, C. A. (1995). Modeling of maximum velocity in open-channel flow.
- 6.General Directorate of State Hydraulic Works. (2016). Guide for determining roughness coefficient for stream beds. Ministry of Forestry and Water Affairs, Ankara.
- 7.Demir, V., & Keskin, A. (2019). Determination of Manning's roughness coefficient using Cowan's method and remote sensing. Gazi Journal of Engineering Sciences, 5(2), 167–177.
- 8.Chow, V. T. (1959). Open channel hydraulics. McGraw-Hill.
- 9.Henderson, F. M. (1966). Open-channel flow. MacMillan Publishing Co. Inc.
10. Cowan, W. L. (1956). Estimating hydraulic roughness coefficients. Agricultural Engineering, 37(7), 473–475.
11. Arcement, V. R., & Schneider, G. J. (1989). Guide for selecting Manning's roughness coefficients for natural channels and flood plains. U.S. Geological Survey Water Supply Paper 2339.
12. Demir, V., & Keskin, A. U. (2019). Determination of Manning's roughness coefficient using Cowan's method and remote sensing. Gazi Journal of Engineering Sciences, 5(2), 167–177.
13. Yerdelen, C. (n.d.). Friction coefficient in rectangular open channels [Master's thesis, Ankara University, Graduate School of Natural Sciences].
14. General Directorate of State Hydraulic Works. (2019). Hydrometric measurement directive. Ministry of Agriculture and Forestry, Ankara.

*Məqaləyə istinad: Rzayev, A.H., & Məmmədli, M.İ. (2025). Kanallarda su sərfiyyatının empirik tənzimlərlə hesablanması üsullarının tədqiqi. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzMİU, 1, 132–139*

*For citation: Rzayev, A.H., & Mammadli, M.I. (2025). Study of calculation methods of water consumption in canals with empirical equations. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzUAC, 1, 132–139*

Redaksiyaya daxil olma/Received 11.10.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 11.01.2025

<http://doi.org/10.58225/sw.2025.1-119-123>

## KİMYƏVİ ƏLAVƏNİN KLİNKERSİZ YAPIŞDIRICININ XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİNİN RENTGENOLOJİ TƏDQIQI

**Məmmədova Rübabə Cəfər qızı** – t.e.n., dosent, Tərsmi həndəsə və mühəndis qrafikası kafedrası, AzMIU, rcmamedova@gmail.com

**Şahmarov Vasif Umudəli oğlu** - t.ü.f.d., dosent, Materialşünaslıq kafedrası, AzMIU

**Xülasə.** Klinkersiz yapışdırıcının nizamlanmış uçucu kimyəvi alaşımı kimi polimerlərdən istifadə edilmə imkanının tədqiqindənədir. Etilen-propilen polimerin tərkibi ilə klinkersiz yapışdırıcının əhəmiyyətli xassələri artır, həm də aqressiv mühitə qarşı davamlılığı yüksəkdir. Bu onunla əlaqədardır ki, polimer quru sementi əvəz edən tərkibində qurulmuş hidrosilikat fazalar olan mineral bağlayıcıların suda və məsaməli materialların təsirinə tamamilə az asılılığı göstərir. Klinkersiz yapışdırıcıların İnşaat-texniki xassələrini nizamlamaq üçün yerli vulkan süxurları və kimyəvi əlavə kimi polimerlərdən istifadə etmək məqsədəuyğundur. Vulkan süxurunun tətbiqi ilə, klinkersiz yapışdırıcının bərkimə qanunauyğunluğu haqqında təsəvvür genişləndirilmiş və müəyyən edilmişdir ki, vulkan süxurunun tərkibindəki şüşə fazanın miqdarı yüksəldikcə aktivləşdirici komponentin miqdarı artırılmalıdır.

**Açar sözlər:** əhəng, Aydağ seoliti, gips, etilen- propilen polimeri, heptan klinkersiz yapışdırıcı

## X-RAY STUDY OF THE EFFECT OF CHEMICAL ADDITIVES ON THE PROPERTIES OF A CLINKER-FREE ADHESIVE

**Mammadova Rubaba Jafar** – PhD in tech.sc, ass.prof., department of Structural Geometry and Engineering Graphics, AzUAC, rcmamedova@gmail.com

**Shahmarov Vasif Umudeli** – doctor in tech.sc., ass.prof., department of Materials Science, AzUAC

**Abstract.** The study is about the possibility of using polymers as a regulated volatile chemical alloy of a clinker-free adhesive. The composition of the ethylene-propylene polymer increases the significant properties of the clinker-free adhesive, and also increases its resistance to aggressive environments. This is due to the fact that the polymer shows a completely low dependence on the effects of water and porous materials on mineral binders containing hydrosilicate phases, which replace dry cement. It is advisable to use local volcanic rocks and polymers such as chemical additives to regulate the construction and technical properties of clinker-free adhesives. With the application of volcanic rock, the idea of the regularity of the hardening of clinker-free adhesives has been expanded and it has been determined that the amount of the activating component should be increased as the amount of glass phase in the volcanic rock increases.

**Keywords:** lime, Aydag zeolite, gypsum, ethylene-propylene polymer, heptane clinker-free adhesive

**Giriş.** Etilen-propilen polimerini (heptanda 16%-li məhlulu) klinkersiz yapışdırıcıların tərkibinə qatdıqda klinkersiz yapışdırıcının plastikliyi artmaqla bərabər bərkimiş məhlulun daxili qatlarında gedən hidratasiya prosesinin idarə edilməsində iştirak edərək məmulatların məsanəli quruluşunun nizamlanmasında əsas rol oynayır və onların inşaat texniki xassələrinə yüksəkdir. Etilenpropilen polimerini ( heptanda 16%-li məhlulu) klinkersiz yapışdırıcılar əsasında düzəldilmiş nümunələrə hopdurmaqla, klinkersiz yapışdırıcıların havaya davamlılığı artır. Etilen- propilen polimeri izolə qatı rolunu oynadı üçün klinkersiz yapışdırıcının möhkəmliyində ısıs rol oynayan kalsium-hidrosilikatlar karbon qazının qarşılıqlı təsirinə mane olub, onun parçalanmasının qarşısını alır.

Kimyəvi əlavə kimi etilen-propilen polimerinin (heptanda 16%-li məhlulu) tətbiqi ilə klinkersiz yapışdırıcıların möhkəmliyi artır, havaya və aqressiv mühitə qarşı dayanıqlığı yüksəlir. Bu onunla

əlaqədardır ki, polimer sement daşının tərkibində quruluş əmələgətirici hidrosilikatları karbonlaşma prosesindən qoruyur və məmulatların məsaməli quruluşunu nizamlayır. Müasir sement sənayesində daaha az yanacaq enerjisi məsarifləri tələb edən, portlandsementin 2-2,5 dəfə az kapital qoyuluşunu təmin edən klinkersiz yapışdırıcıların layihələndirilməsi iqtisadi cəhətdən çox səmərəlidir. Lakin klinkersiz yapışdırıcının markası aşağıdır və havada davamlılığa sahib deyil.

V.N.Yumqun və digər tədqiqatçıların fikrincə klinkersiz yapışdırıcının möhkəmliyinin artırılması yollarından biri onun kalium hidrosilikatları ilə sintezidir. Bunu tətbiq etdikdə yüksək alümin (qırmızı çamur) əlavə etməklə yüksək bazik kalsium-karbonat, silisium və silikat komponentləri almaq olur [1]. Lakin polimerlərin klinkersiz yapışdırıcıya aşqar kimi əlavə edilməsi isə onun mexaniki xassələrinin artması ilə yanaşı, həm də əmələ gələn aqressiv mühitə davamlılığının yüksək olmasını təmin edir.

İndi klinkersiz yapışdırıcının təsirini tədqiq etmək üçün edilən surələrdən ən səmərəlisi kimyəvi əlaşqdır [2].

Məqalənin tədqiqatı ilə nizamlanmış klinkersiz yapışdırıcının texniki xassələrini artırmaq üçün polimerin əlavə edilməsi üsulu işlənib hazırlanmışdır.

**Təcrübi hissə.** Əvvəlcə etilen-propilen polimerinin (EPP) monoləri heptanda 16%-li işçi mühlü həllinə salınır. Sonra işçi mühlü alümin-pusson ionları ilə su qarışdırılır və EPP komponentləri ona verilir. Sonra isə hazırlanmış nümunələri 7 gün hava-nəm şəraitdə, 21 gün isə suda saxlanılır. Onlar (28 gün sonra) analogi fizik-kimyəvi xassələri ilə təsnif edilmişdir və müəyyən edilmişdir ki, etilenpropilen polimeri əlavə edilmiş klinkersiz yapışdırıcının möhkəmliyi 30-35% artır, hava dayanıqlılığı isə nisbətən yüksək [4].

**Nəticələr və onların müzakirəsi.** Alınmış nəticələrin doğruluğu RFA vasitəsilə tədqiq olunmuşdur. RFA («DRON-2») cihazında  $\text{CaCO}_3$  qalıq səthindəki Ni-filtr,  $V=36 \text{ kV}$  -  $1/20 \text{ mA}$  şərtlərdə aparılmışdır. Alınan difraksiya şəkillərində silisium əsaslıdır, difraksion nəticələr müxtəlif kitabələr materialları ilə müqayisə edilmişdir. Bu polimerlər aralıq hidratasiya ilə xam maddələr öyrənilmişdir ki, onların çoxu mühüm kiçik komponent kimi kalsium  $\text{CaO}$  və  $\text{CaSO}_4$  təmiz maddələrdir, həm də mineral qarışıqlığı yoxdur. Üçüncü komponent ionları  $\text{CaO}$  və  $\text{CaSO}_4$  ionları aşqar kimi daxil olmuşdur. İkinci qarışıq qatı polimer K-7 göstərilmişdir. Aldığı süxurların tərkibi, əsasən, kilsəvi, neft və karbonatlı  $\text{CaO}_3$  qatı,  $\text{CaSO}_4$  qatı olan suda əsas ionlar qarışıqlığından ibarətdir. Rentgenoqrammalar arasındakı klinoptilolit kütəvi hissəsi normaldır, bu da  $\text{CaCO}_3$ -in əsas kütəvi hissəsinin kütəsi ilə  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$  ( $3.56 \times$ ,  $2.17\beta$ ,  $3.2 \pm 1$ ) [11] və ion təsirinin mineralinin əmələ gəlməsində iştirak edir.  $\text{Ca(OH)}_2$ – $\text{CaSO}_4$ –Klinoptilolit sintikatoru bu nəticənin mineral tərkibli uyğunluğu ilə nəticənin doğruluğunu tədqiq edir.

Görülmüş işlərin mineralogiyə tərkibi rentgenoqramma analizi vasitəsilə araşdırılmışdır. Analizə alınmışdır.

Müxtəlif şəraitlərdə alınmış kompozisiya rentgenoqrammaları göstərdi ki, bərkiminin səbəblərini əsasən üç faktorlara izah edilir.

1. Təcrübə müddətinin artırılması ilə kütlədə karbonlaşma prosesi gedir. İlk üç komponentlərin mexaniki qarışığında  $\text{CaCO}_3$  4-5% olduğu halda, yekun nəticədə (28 gün işləmədə) 14-16% təşkil edir. Müsayiət edilmişdir ki, eyni şəraitdə işləmiş nümunələrə polimer əlavə etdikdə karbonlaşma prosesi əhəmiyyətli sürətlənir.

2. Sistemdə qələvi mühit olduqda çünki klinoptilolit scotlanilin həll olması hesabına silikatlar, alüminosilikatlar, sulü alüminosilikatlar ilə təsumasir - [ $\text{CaSiO}_3$ ;  $\text{CaCO}_3$ ;  $\text{CaSiO}_3$ ;  $\text{H}_2\text{O}$ ] (9.76, 5.50, 3.76), mineralların əmələ gəlmə qarışımıdır. Ümumiyyətlə yekunda alınan kompozisiya nəticələrinin alınan mineroloji tərkibi aşağıdakı kimidir:

1. klinoptilolit - [ $\text{Ca}_3\text{Na}_2\text{K}_4(\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}) \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ], (3.97, 3.87, 8.99, 9.9) [6]
2. kvarts - [ $\text{SiO}_2$ ] (3.43, 4.26, 4.34, 6.2) [7]
3. mikrositallar - [ $\text{Ca}_3\text{Si}_6\text{O}_{12}(\text{OH})_6$ ], (3.56, 4.17, 5.38, 3.00) [5]
4. allafanı - [ $\text{mAl}_2\text{O}_3\text{NiSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ] (8.11, 9.3, 10.4) [7]
5. təsumasir - [ $\text{NaCaSi}_3\text{O}_9 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ] (5.50, 6.8, 8.2, 3.7) [9]
6. analisim - [ $\text{NaAlSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ] (3.56, 4.25, 4.5, 9.2) [5]

3.  $\text{CaSO}_4$ -in quruluş xüsusiyyətlərinin tədqiqi əyani surətdə  $\text{CaSO}_4$ -in özünün bağlayıcılıq xassəsindən alınan difraktometrik göstəricilər şəkildə və cədvəldə göstərilmişdir.



**Şəkil 1.** 28 gün nəm- hava-su mühitində bərkimiş əlavəsiz və tərkibinə etilen-propilen polimeri (EPP) əlavə edilmiş klinkersiz yapışdırıcının rentgenoqramması

1. hidrotasiya olunmamış klinkersiz yapışdırıcı 2. Hidrotasiya olunmuş 7 gün klinkersiz yapışdırıcı 2<sub>1</sub>-əlavəsiz, 2<sub>2</sub>-1,5% EPP, 2<sub>3</sub>-3,0% EPP əlavə edilmiş, 3-hidrotasiya olunmuş 28 gün klinkersiz yapışdırıcı, 3<sub>1</sub>-əlavəsiz, 3<sub>2</sub>-1,5% EPP, 3<sub>3</sub>-3,0% EPP əlavə edilmiş

**Nəticə.** Beləliklə, şəkildən göründüyü kimi etilen propilen polimerinin (heptanda 16%-li məhlulu) tətbiqi ilə klinkersiz yapışdırıcıların karbonlaşma prosesi zəifləyir və bunun nəticəsində sementin inşaat-texniki xassələri yüksəlir, klinkersiz yapışdırıcıların möhkəmliyi və havaya aqressiv mühitə qarşı dayanıqlığı artır.

**Cədvəl 1.** Tədqiq olunan materialların difraktometrik göstəriciləri

| 1             |     | 2             |     |        |               | 3     |               |        |               | 4     |               |        |               |
|---------------|-----|---------------|-----|--------|---------------|-------|---------------|--------|---------------|-------|---------------|--------|---------------|
| 0             |     | 7 gün         |     | 28 gün |               | 7 gün |               | 28 gün |               | 7 gün |               | 28 gün |               |
| $d, \text{Å}$ | $I$ | $d, \text{Å}$ | $I$ | $I$    | $d, \text{Å}$ | $I$   | $d, \text{Å}$ | $I$    | $d, \text{Å}$ | $I$   | $d, \text{Å}$ | $I$    | $d, \text{Å}$ |
| 14.07         | 8   | 16.8          | 4   | 16.18  | 5             | 10.7  | 8             | 13.39  | 3             | 10.21 | 4             | 15.78  | 22            |
| 13.15         | 12  | 15.61         | 5   | 15.45  | 6             | 8     | 31            | 11.63  | 4             | 9.91  | 4             | 13.81  | 9             |
| 12.27         | 11  | 15.08         | 10  | 14.34  | 5             | 10.0  | 23            | 10.04  | 23            | 8.91  | 5             | 11.16  | 9             |
| 10.27         | 38  | 14.58         | 12  | 13.27  | 3             | 4     | 40            | 9.91   | 22            | 6.75  | 10            | 10.75  | 9             |
| 9.91          | 39  | 14.34         | 10  | 11.10  | 8             | 9.69  | 14            | 8.93   | 25            | 6.51  | 9             | 10.04  | 28            |
| 9.15          | 44  | 17.12         | 6   | 10.14  | 15            | 8.91  | 6             | 7.88   | 8             | 5.56  | 10            | 9.76   | 26            |
| 7.9           | 25  | 12.10         | 7   | 9.76   | 20            | 7.85  | 5             | 7.72   | 10            | 5.49  | 9             | 9.00   | 30            |
| 7.58          | 56  | 11.69         | 5   | 9.45   | 12            | 7.54  | 12            | 4.42   | 6             | 5.23  | 7             | 7.85   | 13            |
| 6.75          | 15  | 10.57         | 6   | 8.93   | 27            | 7.23  | 12            | 6.81   | 12            | 5.11  | 11            | 7.62   | 6             |
| 6.57          | 13  | 10.04         | 28  | 8.42   | 6             | 7.10  | 5             | 6.67   | 13            | 4.65  | 10            | 6.93   | 9             |

|      |     |      |    |      |    |      |    |  |  |  |  |      |    |
|------|-----|------|----|------|----|------|----|--|--|--|--|------|----|
| 6.12 | 7   | 1.81 | 13 | 1.84 | 10 | 1.82 | 5  |  |  |  |  | 1.64 | 9  |
| 5.90 | 4   | 1.65 | 5  | 1.81 | 7  | 1.77 | 3  |  |  |  |  | 1.65 | I  |
| 5.67 | 3   |      |    | 1.76 | 3  | 1.76 | 3  |  |  |  |  | 1.60 | 10 |
| 4.93 | 28  |      |    | 1.71 | 1  | 1.75 | 3  |  |  |  |  | 1.59 | 7  |
| 4.67 | 7   |      |    | 1.67 | 4  | 1.73 | 4  |  |  |  |  |      |    |
| 4.24 | 32  |      |    | 1.65 | 5  | 1.69 | 6  |  |  |  |  |      |    |
| 3.96 | 58  |      |    | 1.60 | 4  | 1.68 | 10 |  |  |  |  |      |    |
| 3.78 | 26  |      |    |      |    | 1.65 | 3  |  |  |  |  |      |    |
| 3.63 | 8   |      |    |      |    | 1.63 | 7  |  |  |  |  |      |    |
| 3.54 | 10  |      |    |      |    | 1.61 | 5  |  |  |  |  |      |    |
| 3.42 | 31  |      |    |      |    | 1.59 | 7  |  |  |  |  |      |    |
| 3.34 | 100 |      |    |      |    | 1.54 | 7  |  |  |  |  |      |    |
| 3.29 | 32  |      |    |      |    | 1.52 |    |  |  |  |  |      |    |
| 3.22 | 19  |      |    |      |    |      |    |  |  |  |  |      |    |
| 3.16 | 22  |      |    |      |    |      |    |  |  |  |  |      |    |
| 3.02 | 68  |      |    |      |    |      |    |  |  |  |  |      |    |
| 2.97 | 41  |      |    |      |    |      |    |  |  |  |  |      |    |
| 2.96 | 35  |      |    |      |    |      |    |  |  |  |  |      |    |
| 2.94 | 20  |      |    |      |    |      |    |  |  |  |  |      |    |
| 2.87 | 10  |      |    |      |    |      |    |  |  |  |  |      |    |
| 2.79 | 21  |      |    |      |    |      |    |  |  |  |  |      |    |
| 2.78 | 21  |      |    |      |    |      |    |  |  |  |  |      |    |
| 2.70 | 14  |      |    |      |    |      |    |  |  |  |  |      |    |
| 2.62 | 38  |      |    |      |    |      |    |  |  |  |  |      |    |
| 2.44 | 12  |      |    |      |    |      |    |  |  |  |  |      |    |
| 2.40 | 18  |      |    |      |    |      |    |  |  |  |  |      |    |
| 2.28 | 13  |      |    |      |    |      |    |  |  |  |  |      |    |
| 2.09 | 11  |      |    |      |    |      |    |  |  |  |  |      |    |
| 1.92 | 19  |      |    |      |    |      |    |  |  |  |  |      |    |
| 1.91 | 21  |      |    |      |    |      |    |  |  |  |  |      |    |
| 1.87 | 8   |      |    |      |    |      |    |  |  |  |  |      |    |
| 1.81 | 12  |      |    |      |    |      |    |  |  |  |  |      |    |
| 1.79 | 15  |      |    |      |    |      |    |  |  |  |  |      |    |

### İstinadlar

1. Süleymanov, F., & Əlizadə, Z. (1978). Yapışdırıcı materialların kimyəvi texnologiyası. Bakı: Maarif nəşriyyatı
2. Bədəlov, A. (1963). İnşaatda tətbiq olunan polimer materiallar. Bakı: Azərb. nəşriyyatı
3. Seyidov, I. M. (1974). Aşağı molekullu olefinlər əsasında yeni sintetik kauçuklar. Bakı: Bilik cəmiyyəti
4. Məmmədova, R. C. (2001). Aspirant və gənc tədqiqatçıların VII respublika elmi konfransı: Tezislər (s. 225). Bakı
5. Cooksley, B., et al. (1977). Aberdeen Universiteti, Şotlandiya. ASTM, Cədvəl 29–331
6. Boles. (1972). Private communication. American Mineralogist, 57, 1963. ASTM, Cədvəl 25-1349.ASTM. (n.d.)
7. X-ray powder data file. ASTM, Table 2-0039
8. National Bureau of Standards (ABS). (1981). Monogr. 25 (s. 19). San. ASTM, Table 33-11-61
9. Михеев, В. И. (1957). Рентгенодиагностика минералов (с. 726). Москва: Госгеолтехиздат

**References**

- 1.Suleymanov, F., & Alizade, Z. (1978). Chemical technology of adhesive materials. Baku: Maarif Publishing
- 2.Badalov, A. (1963). Polymer materials used in construction. Baku: Azerbaijan Publishing
- 3.Seyidov, I. M. (1974). New synthetic rubbers based on low-molecular-weight olefins. Baku: Bilik Society
- 4.Mammadova, R. C. (2001). Proceedings of the VII Republican Scientific Conference of Postgraduates and Young Researchers (p. 225). Baku
- 5.Cooksley, B., et al. (1977). University of Aberdeen, Scotland. ASTM, Table 29–331
- 6.Boles. (1972). Private communication. American Mineralogist, 57, 1963. ASTM, Table 25-13-49
- 7.ASTM. (n.d.). X-ray powder data file. ASTM, Table 2-0039
- 8.National Bureau of Standards (USA). (1981). Monograph 25 (p. 19). San. ASTM, Table 33-11-61
- 9.Mikheev, V. I. (1957). X-ray diagnostics of minerals (p. 726). Moscow: Gosgeoltekhizdat

*Məqaləyə istinad: Məmmədova, R.C., Şahmarov, V.U. (2025). Kimyəvi əlavənin klinkersiz yapışdırıcının xassələrinə təsirinin rentgenoloji tədqiqi. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzMIU, 1, 140-144*

*For citation: Mammadova, R.C., Shahmarov, V.U. (2025). X-ray Study of the Effect of Chemical Additives on the Properties of Clinker-free Adhesives. Scientific Works, AzUAC, 1, 140-144*

Redaksiyaya daxil olma/Received 17.10.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 17.01.2025

## NEYRO KOMPYUTERIN ÇOXNÜVƏLİ PROSESSORUNUN TƏŞKİLİ

**Nurəliyev Camaləddin Ağabala oğlu**- assistent, İnformasiya texnologiyaları və sistemləri kafedrası, AzMİU, camal.nuraliyev@gmail.com

**Nurəliyev Rəşad Camaləddin oğlu**- SOCAR neft şirkəti, r.nuraliyev@gmail.com

**Xülasə.** Neyrosistemlərdə obyektin tanınması problemləri dövrümüzün ən aktual məsələlərindən biridir. Bu məqsədlə aparılan araşdırmalar göstərdi ki, bu problemi həll etməyin bir çox yolu var. Onların hər birinin müsbət və mənfi tərəfləri araşdırıldı. Məqalədə bu problemləri həll etmək üçün multidissiplinar supersəs neyrouyğunluq sistemi hazırlanmışdır. Məqalədə cari neyrouyğunluq sxemləri göstərilir. Onların bazasında yeni tip yaradılmışdır. Neyron kompüter bloklarının sxemləri və daxili modulların elektrik sxemləri işlənib hazırlanmışdır. Onların iş prinsipləri təhlil edilir və faydaları üzə çıxarılır.

**Açar sözlər:** neyrokompüter, prosesör, konveyer, coxnüvəli, informasiya

## ORGANIZING THE MULTIPLE PROCESSOR OF THE NEUROM COMPUTER

**Nuraliyev Jamaledin Agabala**- lecturer assistant, department of Information technologies and systems, AzUAC, jamal.nuraliyev@gmail.com

**Nuraliyev Rashad Jamaledin**- SOCAR Oil Company, r.nuraliyev@gmail.com

**Abstract.** Neyrosistemlərdə obyektin recognition problems is one of our era's most important issues. The investigations carried out by this goal showed that, bu problemi do not solve bir köz yolu var. The positive and negative aspects of each of them were examined. Multidisciplinary supersəs neyrouyğunluq sistemi was developed to solve these problems. Məqalədə cari neyrouyğunluq sxemləri is shown. Unilun bazasında yeni tip has been created. Neyron computer block schemes and internal module electrical schemes have been developed. Their business principles are analyzed and their benefits are revealed.

**Key words:** neyrokompüter, processor, konveyer, coxnüvəli, information

**Giriş.** Neyrokompüterin effektiv işini təmin etmək üçün onun baza elementlərinin müasir tipli olması çox vacibdir. Əvvəllər neyrokompüter sistemində Neuro Matrix NM6403M neyroprosesorundan istifadə olunurdu. Neuro Matrix NM6403M neyroprosesoru dörd sabit nöqtəli ədədləri emal edən, dörd multimediyaya verilənlərinin emal edən, iki sabit və genişləndirilmiş sürüşkən nöqtəli formatda hesablama və iki yükləmə/qoruma blokundan ibarətdir. Bu tip neyroprosesorda əməllərin əksəriyyəti 1 takt ərzində yerinə yetirilir. Bu kristalda eyni zamanda on altı əmrin paralel icrası mümkün idi. İcra blokunun fəaliyyətinin effektivliyini artırmaq məqsədilə icra olunan əməllərin nəticələri növbəti icra olunacaq əmrin girişinə ötürülür. Bu halda nəticələrin registrlərə yazılmasına və sonra da lazım olan zaman oxunmasına ehtiyac qalmayırdı. Bu məqsədlə nəticələri müvəqqəti qoruyan yaddaşdan da bəzən istifadə edilir. 2,1 qbayt/san. ötürmə qabiliyyətinə malik prosesör-yaddaş interfeysi verilənləri və əməlləri neyroprosesora intensiv yüklənməsini təmin edir. Bu elementləri bəzən neyroçip də adlandırırlar. Neuro Matrix NM6403M neyroprosesorun əməllər iki əsas növə aid edilib:

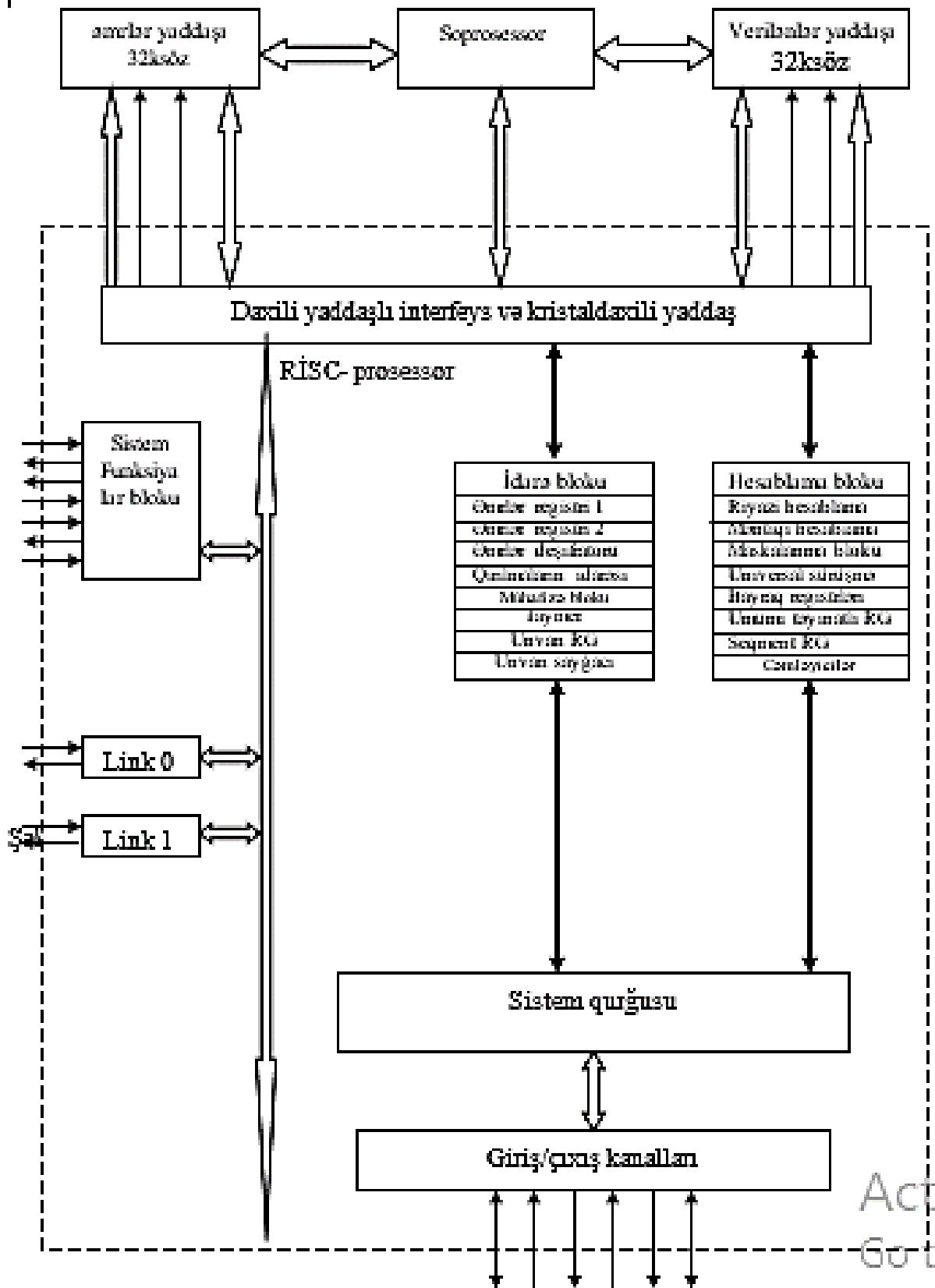
1. Skalyar prosesör əməlləri
2. Vektor prosesör əməlləri

**Tədqiqat metodları.** Skalyar prosesör əməlləri bir takt ərzində yerinə yetirilir. Onlar 32 və ya 64 mərtəbəli formatda olurlar. Lakin vektor prosesör əməllərinin icra vaxtı əmrin tipindən asılı olaraq 1-dən 32 takta qədər olur. Neuro Matrix NM6403M neyroprosesoru növbəti 32 mərtəbəli registrlərə malikdirlər:

-Yaddaşa müraciət üçün istifadə olunan səkkiz ünvan registrləri (AR0-AR7);

- Səkkiz ümumi təyinatlı registrlər GR0-GR7;
- Ömrün ünvanını qeyd edən ömrlər sayğacı registri PC; (1)
- Prosessorun vəziyyət sözü registri PSWR.

Neuro Matrix NM6403M neyropsessoru KMOP texnologiya əsasında hazır-lanıb, 50 mhs tezliyə malik və bir metal/keramiki korpusda yerləşdirilmiş ele-mentdir. (2)

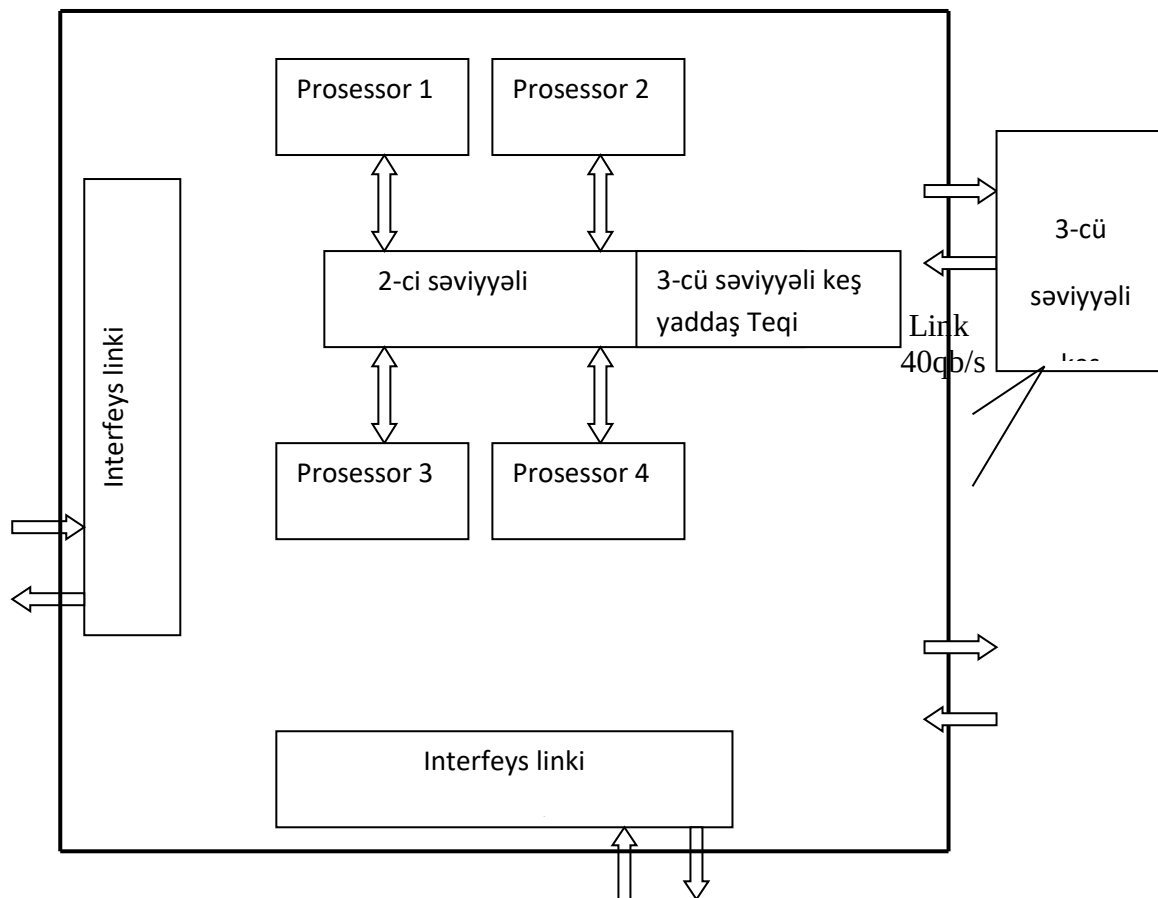


Şəkil 1. Neuro Matrix NM6403M neyropsessorunun struktur elektrik sxemi

O, bir saniyə ərzində 90-100 milyon əməliyyat yerinə yetirmək qabiliyyətinə malikdir. Neuro Matrix NM6403M neyropsessorunun struktur elektrik sxemi şəkil 1.1-də təsvir olunub. Neuro

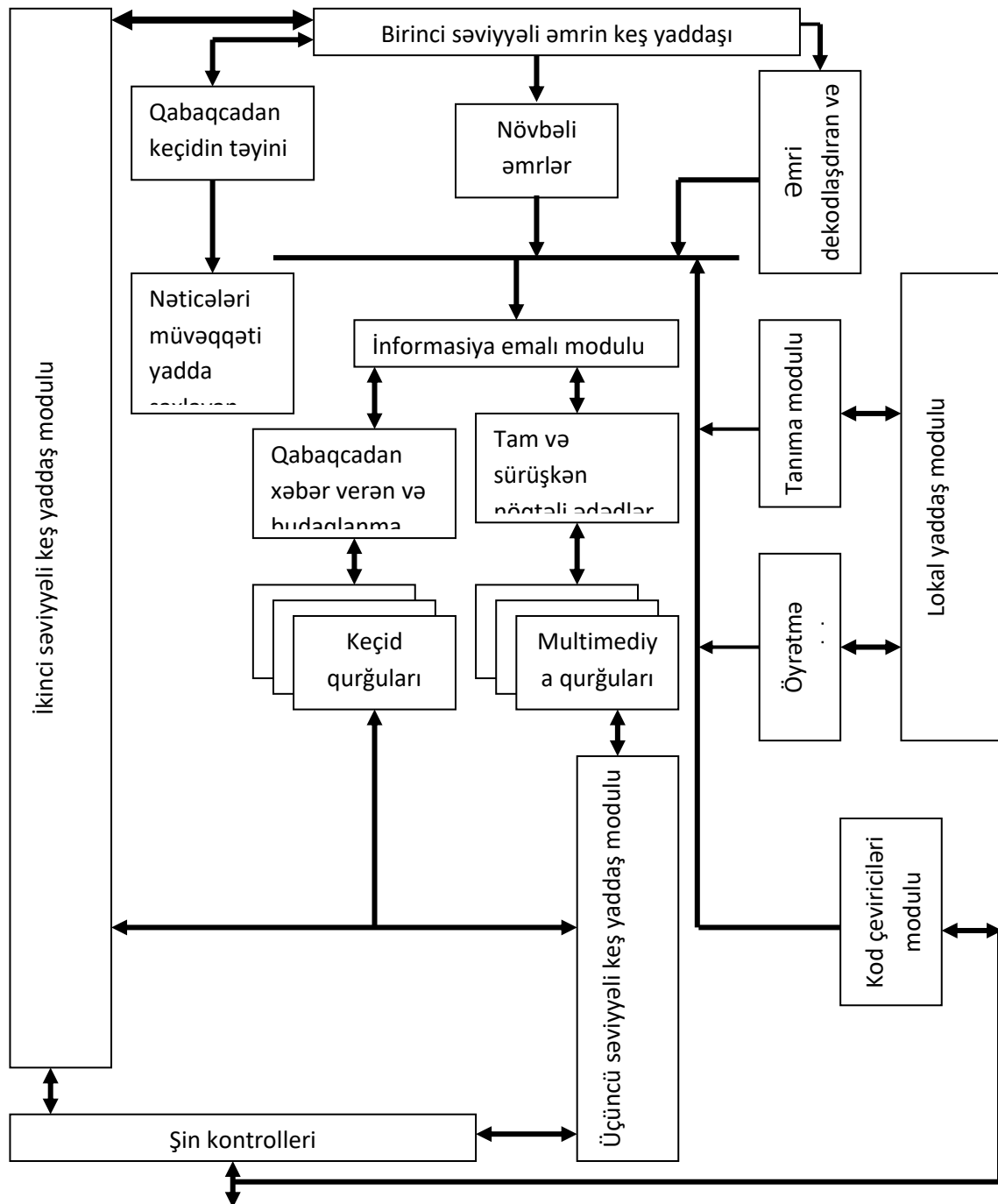
**Yekun fikirlər.** Matrix NM6403M neyropsessoru ilk növbədə əməli yaddaşdan əmrləri seçərək əvvəlcə 1-ci əmrlər registrinə, sonra 2-ci əmrlər registrinə daxil edir. Onları dekodlaşdıraraq neyropsessorun digər funksional blokları üçün idarəedici siqnalları hasil edir. Qırılmaların idarə bloku prioritetli emal sxeminin on növ daxili və xarici qırılmaları təmin edir. Yaddaşa birbaşa keçid bloku dörd kommunasion kanal vasitəsilə verilənlərin eyni za-manda hesablanmasına imkanlar yaradır. Hesab və məntiq modulu eyni zaman anında 16 məntiqi və 14 riyazi əməliyyatları yerinə yetirmək imkanına malikdir. Riyazi və məntiqi əməliyyatları kristal eyni zaman anında paralel olaraq bir takt da yerinə yetirə bilir. Universal sürüşdürücü blok bir takt ərzində məntiqi, riyazi və dövrü sürüşmə əməliyyatlarını icra etmək qabiliyyətinə malikdir. Sürüşmələri bu tip kristalda həm sağa, həm də sola icra etmək mümkündür. Sis-tem bloku eyniadlı əlaqə blokları vasitəsilə oxşar neyropsessorlarla informa-siya mübadiləsinə girə bilər. Prosessor əməliyyatların icrasını üç mərhələli konveyer üsulu ilə yerinə yetirir. Belə ki, birinci mərhələdə əməli yaddaşdan əmrlər seçilir. İkinci mərhələdə yaddaşa növbəti müraciət üçün verilənlərin ünvanları formalaşır. Üçüncü mərhələdə verilənlər üzərində əməliyyatlar icra edilir və nəticələrin giriş/çıxış əməliyyatları yerinə yetirilir.

Hazırda texnologiyanın inkişafı yeni yeni neyropsessorların yaranmasına şərait yaradır. Müasir gündə çoxnüvəli çiplərdən istifadə etməklə daha yüksək məhsuldarlığa nail olmaq mümkündür. Bu tip prosessorların daxilində birdən çox informasiya emalı modulunun olması, onların superskalyar olmasından xəbər verir. Bu tip neyropsessorların istehsalı ilə Alpha, İnter, Neuralogix, Philips və Kvant şirkətləri məşğuldur. Onların istehsal etdikləri elementlərin hər birinin üstün və çatışmayan cəhətləri vardır. Hazırda ən böyük üstünlüklərə malik neyropsessor 2012-ci ildə Rusiyada “modul” elmi texniki mərkəzdə hazırlanan çoxnüvəli superskalyar NM9403 neyropsessorudur. Onun struktur elektrik sxemi şəkil 2-də təsvir edilib.



Şəkil 2. Çoxnüvəli superskalyar NM9403 neyropsessoru struktur sxemi

Şəkilədən göründüyü kimi NM9403 neyropsessoru dörd nüvəyə malikdir. Onun hər bir nüvəsi çox mürəkkəb quruluşa malikdir. Onun tərkibində üç səviyyəli keş yaddaş, keçidi qabaqcadan təyin edən blok, idarə qurğusu, əmrləri de-kodlaşdıran blok, dörd ədəd hesab məntiq qurğusu (ALU), dörd multimediya verilənləri emalı qurğusu (MM), üç sürüşkən nöqtəli ədədlərin emalı qurğusu (FPU) və digər daxildir. Element 64 mərtəbəli olmasına baxmayaraq, o, 128 mərtəbəli verilənləri birbaşa qəbul etmək imkanına malikdir. Yəni ikiqat sözü qəbul etməklə, qəbuletmə əməliyyatını ikiqat artırmış olur. Sistemdə emal prosesi konveyerləşdirilmiş formada icra edilir. Bir əmr dörd takt ərizində yerinə yetirilir. Sistemdə əmrlər və verilənlərin keşlənməsi ayrı-ayrılıqda aparılır. Bu isə paralelliyə imkan yaradır. Nüvənin daxili quruluşunun struktur sxemi şəkil 3-də təsvir edilib.



**Şəkil 3.** Nüvənin daxili quruluşunun strukturu

Neyrokompyuter çox mürəkkəb və universal xarakterli qurğudur. Onun əsas aparıcı modullarından biri də kod çeviriciləridir. Sistemin tərkibində analoq/kod və kod/analoq çeviricilərindən istifadə olunur. Sistemə bütün növ informasiyalar daxil ola bildiyi halda, onların emalı yalnız ikilik kodda aparılır. Sistemdə rəqəm/analoq çeviricisi kimi K594PA elementindən istifadə edilir. Bu kristalın struktur elektrik sxemi şəkil 1.4-də təsvir edilib.

**Nəticə.** Neyrosistemlərdə obyektlərin tanınması problemləri müasir dövrün ən aktual məsələlərindən biri sayılır. Bu məqsədlə buraxılış işində aparılan tədqiqatlar göstərdi ki, bu problemin həlli üçün çoxsaylı metodlar mövcuddur. Onların hər birinin üstün və çatışmayan cəhətləri araşdırılmışdır. Məqalədə bu məsələləri reallaşdıran çoxnüvəli superskalyar neyrokompyuter sistemi işlənilib. Məqalədə mövcud neyrokomputer sxemləri göstərilib. Onların müasir baza əsasında yeni tipi tərtib edilib. Neyrokompyuterin blok sxemi və daxili modulların elektrik sxemləri işlənir. Onların iş prinsipləri təhlil edilir və üstünlükləri açıqlanır. Nəticədə aydın olur ki, bu çox mürəkkəb bir sistemdir. Sistemin normal fəaliyyəti onun daxili modullarının sxemlərinin tərtibatında baza elementləri düzgün seçilməlidir. Təşkil edilən sistem müasir dövrün tələblərinə uyğundur. Onun təhlükəsizlik, mühafizə və digər sahələrdə tətbiqi yüksək nəticələr verə bilər.

### İstinadlar

1. Musayev, V. H. (2008). İnternetə giriş. Bakı.
2. Musayev, V. H., Şirinov, Ə. İ. (2005). Kompyuterlərin texniki təminatı və modelləşdirilməsi. Bakı.
3. Fərhadov, A. V. (2008). Tibbi diaqnostika (s. 334). Bakı: Azər nəşr.
4. Əliyev, R. Ə., & Əliyev, R. R. (2004). Soft kompyüterinq. Bakı: Çapaşloğlu mətbəəsi.
5. Fərhadov, A. V. (2013). Kompüter və elm (s. 294). Bakı: Elm.
6. Тарабрин, Б. В. (Ред.). (2011). Справочник по ИМС. Москва: Энергия.
7. Козубовский, С. Ф. (2013). Корреляционные экстремальные системы. Киев: Наука думка.
8. Березин, С. Я., Каратаев, О. Г. (2016). Корреляционные измерительные устройства в автоматике. Энергия.
9. Павлов, Б. В. (2018). Диагностика болезни машин. Москва: Машиностроение.
10. Скотт, М. (2002). Модернизация и ремонт ПК. Москва: Вильямс.
11. Гук, М. (2007). Процессоры INTEL: от Пентиум до Itanium 4M. Санкт-Петербург: Питер.
12. Intel Corporation. (n.d.). Retrieved from <http://www.intel.com>, <http://www.intel.ru>

*Məqaləyə istinad: Nurəliyev C.A., Nurəliyev R.C. (2025). Neyro kompyuterin çoxnüvəli prosessorunun təşkili. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzMIU, 1, 145-149*

*For citation: Nuraliyev C.A., Nuraliyev R.C. (2025). Organizing the multiple processor of the neurom computer. Scientific Works, AzUAC, 1, 145-149*

Redaksiyaya daxil olma/Received 10.11.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 10.02.2025

## НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ НА ЭКРАНЕ КОМПЬЮТЕРА

**Пирвердиева Лала Рауф кызы**- старший преподаватель, кафедра Начертательная геометрия и инженерная графика, АзАСУ, lala.pirverdiyeva@azmiu.edu.az

**Аннотация.** В статье описывается применение трёхмерной компьютерной графики в начертательной геометрии. Что означает начертательная геометрия в современном значении. Как развивается начертательная геометрия в использовании современных программ. Какую роль играет начертательная геометрия в проектировании. Роль компьютера в начертательной геометрии.

**Ключевые слова:** Начертательная геометрия, компьютер, современные программы, 3d-пространство, чертежи, роль, принципы, моделирование

## DESCRIPTIVE GEOMETRY ON THE COMPUTER SCREEN

**Pirverdiyeva Lala Rauf**-senior lecturer, department of Descriptive Geometry and Engineering Graphics, AzUAC, lala.pirverdiyeva@azmiu.edu.az

**Abstract.** The article is about the use of three-dimensional computer graphics in descriptive geometry. What does descriptive geometry mean in the modern sense. How descriptive geometry is developed in modern programs. What role does descriptive geometry play in design. The role of the computer in the descriptive stage.

**Keywords:** Descriptive geometry, computer, modern programs, 3D space, drawings, role, principles, modeling

**Введение.** Начертательная геометрия традиционно является фундаментальной дисциплиной в инженерном и архитектурном образовании, обеспечивая студентов базовыми навыками пространственного мышления и графического моделирования. Однако с развитием цифровых технологий и широким распространением компьютерной графики подходы к обучению этой дисциплине значительно изменились.

Современные программные средства позволяют визуализировать сложные геометрические построения в интерактивной среде, тем самым облегчая восприятие абстрактных понятий и повышая эффективность учебного процесса. Использование компьютера в начертательной геометрии открывает новые возможности для динамического моделирования, анимации преобразований, а также быстрого редактирования и анализа построений.

В данной работе рассматриваются особенности преподавания начертательной геометрии с применением компьютерных технологий, анализируются преимущества цифровых инструментов по сравнению с традиционными методами, а также обсуждаются перспективы интеграции CAD-систем в образовательный процесс.

### Методы и методология

В рамках исследования используются как теоретические, так и практико-ориентированные методы. Основу методологии составляет анализ современных подходов к обучению начертательной геометрии с использованием компьютерных технологий и программных средств автоматизированного проектирования (САПР).

В качестве основных методов были применены:

- **Аналитический метод** – для изучения научной и учебной литературы по вопросам цифровизации графической подготовки и анализа тенденций в области инженерного образования.
- **Сравнительный анализ** – для выявления различий между традиционным (ручным) и компьютерным способами выполнения геометрических построений.

- **Экспериментальный метод** – для оценки эффективности внедрения программных продуктов (таких как AutoCAD, Compass-3D, SolidWorks) в учебный процесс начертательной геометрии.

- **Наблюдение и анкетирование** – для сбора данных о восприятии студентами цифровых методов обучения и уровне усвоения учебного материала.

Методологическая основа также опирается на дидактические принципы наглядности, доступности и активности, а также на современные педагогические подходы к интеграции информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в образовательную среду.

**Результаты.** В результате проведённого исследования были получены следующие данные:

**1.Повышение эффективности обучения.**

Применение компьютерных программ при изучении начертательной геометрии позволило значительно сократить время на выполнение построений, повысить точность графических работ и облегчить восприятие пространственных форм. Студенты быстрее осваивали основные приёмы и операции благодаря визуализации процессов в режиме реального времени.

**2.Увеличение вовлечённости студентов.** Анкетирование показало, что более 85% опрошенных студентов отметили повышение интереса к предмету при использовании цифровых инструментов. Интерактивный формат занятий и возможность экспериментировать с геометрическими формами в 3D-среде положительно сказались на мотивации обучающихся.

**3.Сравнительный анализ показал преимущества цифрового подхода.** В сравнении с традиционными методами (карандаш и бумага), использование программных средств (AutoCAD, SolidWorks и др.) обеспечило более высокую производительность, лёгкость редактирования чертежей, а также возможность многократного воспроизведения сложных построений с минимальными затратами времени.

**4.Разработка и апробация методических рекомендаций.** Были разработаны и успешно применены на практике методические рекомендации по внедрению компьютерных технологий в курс начертательной геометрии. Они включают пошаговые инструкции по выполнению построений в САПР и задания для самостоятельной работы студентов.

Таким образом, цифровизация преподавания начертательной геометрии доказала свою актуальность и эффективность, открыв новые возможности для оптимизации учебного процесса и развития пространственного мышления у студентов технических специальностей.

Рассмотрим способность применения элементов трёхмерной компьютерной графики в начертательной геометрии. Говорится, что трехмерное моделирование не нужно применять в учебном процессе для выполнения конструктивных задач начертательной геометрии. Сделан вывод о недопустимости замены курса начертательной геометрии компьютерным макетированием.

Начертательная геометрия в современном значении- это раздел математики, изучающий принцип конструктивных способов отображения пространства разных измерений друг на друга. Главная цель начертательной геометрии, это создать сложные объекты понятными для их проектирования и строительства.

Задачи находят решение графическим путем проецирования пунктов в подобранные смежные плоскости проекций в вымышленной концепции проекций. Способы, написанные в данном тексте, применимы к разным типам архитектуры, искусства, дизайна а также инженерной деятельности, подобным равно как перспективное черчение и черчение.

Начертательная геометрия применяет технику формирования изображения вымышленными параллельными проекторами, исходящими с вымышленного объекта, а также пересекающими воображаемую плоскость проекции под прямым углом. Совместные точки пересечений создают желаемое изображение.

Вместе с данного этапа мы проанализируем особенную область геометрии — начертательную геометрию, исследованную Гаспаром Монжем в конце восемнадцатого века. Гаспар Монж (1746-1818) открыл основы начертательной геометрии в юном возрасте 18 лет, трудясь военным инженером над проектированием креплений. Они были сделаны из

каменной, четко вырезанных с целью подгонки друг к другу, таким образом что стена или башня, построенная подобным способом, была самоподдерживающейся а также довольно прочной.

**Дискуссия.** Протоколы Монжа дают возможность изобразить воображаемый объект подобным способом, для того чтобы его возможно было создать в 3D. Все без исключения геометрические нюансы вымышленного предмета предусматриваются в истинном размере/масштабе, а также форме и умеют быть изображены так, равно как их видят из любой точки в пространстве. Все без исключения рисунки презентованы в двумерной поверхности.

Начертательная геометрия применяет технику формирования изображений вымышленными параллельными проекторами, исходящими с вымышленного объекта а также пересекающими воображаемую область проекции под прямым углом. Совместные точки пересечений создают желаемое изображение.

В последнее время, начертательная геометрия активно развивается с использованием современных программ, такие как компьютерные программы и графические программы. Происходит замена исследования геометрии как раздела математики исследованием методов трехмерного компьютерного макетирования. На экране компьютера начертательная геометрия определяет использование в самых разных областях, от создания чертежей до моделирования сложных объектов.

Утверждается, что компьютерными средствами можно решить геометрическую задачу в 3D-пространстве. Так как возникла возможность создать любые электронные макеты геометрических фигур. Проекционный чертеж полностью теряет геометрическое наполнение после моделирования задачи в 3D на экране компьютера. Например, уже не нужно строить линию пересечения поверхности, потому что компьютер уже сам построит линию. Можно ещё сказать про построение перпендикуляров. При построении перпендикуляра нужно включить привязку «перпендикуляр».

Начертательная геометрия играет важную роль в проектировании и производстве. Она позволяет инженерам и архитекторам:

- Формировать верные чертежи, которые служат основой для строительных работ.
- Прогнозировать, как будет смотреться объект в реальности, обнаруживать возможные погрешности на стадии проектирования.
- Коммуницировать непростые идеи между различными специалистами (например, между архитекторами и строителями).

Помимо этого, начертательная геометрия применяется для анализа пространственных отношений и решения задач, связанных с конструированием различных объектов и машин.

Рассмотрим основных принципов начертательной геометрии. Основной задачей начертательной геометрии является создание проекций трехмерных объектов на двумерной плоскости. Для этого используются несколько основных методов:

**1.Проекция:** Бывают прямые, косые и центральные проекции, с помощью которых можно отобразить объекты на плоскости.

**2.Математическое моделирование:** С помощью математических методов создаются точные модели объектов.

**3.Решения задач на построение:** Множество геометрических задач, например, построение сечения тела или определение углов между плоскостями, решаются с использованием начертательной геометрии.

Роль компьютера в начертательной геометрии. Вместе с формированием технологий вычислительной техники и программного обеспечения, начертательная геометрия претерпела существенные перемены. Компьютеры и специализированные программы значительно упростили и ускорили процесс проектирования, гарантировав достоверность и возможность работы с наиболее трудными моделями. Программное обеспечение для начертательной геометрии позволяет:

1. **Точность и автоматизация:** Компьютеры дают возможность автоматически вычислять размеры, углы и соотношения, что исключает человеческие погрешности.

2. **Интерактивность:** В нынешних программах возможно взаимодействовать с моделью в настоящем времени, меняя параметры и мгновенно наблюдая результат.

3. **3D моделирование и визуализация:** Компьютерные программы позволяют формировать трехмерные модели объектов, которые могут быть легко изменены и представлены на экране с разных углов, что невозможно в традиционной начертательной геометрии.

4. **Моделирование на экране:** Применение графических редакторов и САПР (систем автоматизированного проектирования), таких как AutoCAD, SolidWorks, CATIA, 3DSMAX, Revit значительно расширяет возможности начертательной геометрии.

Программы для начертательной геометрии. В настоящий период существует множество программ, которые помогают в решении задач начертательной геометрии. Одними из самых популярных и распространенных являются:

- **AutoCAD** — обширно используемая система для 2D- и 3D-проектирования, которая предоставляет все необходимые инструменты для работы с чертежами.

- **SolidWorks** — программа для создания 3D-моделей, в которой легко переходить от 2D-чертежей к трехмерным объектам.

- **CATIA** — более сложная система, используемая в авиационной и автомобильной промышленности для создания сложных моделей и их детализированных чертежей.

- **FreeCAD** — бесплатная альтернатива для создания 3D-моделей и чертежей, подходящая как для профессионалов, так и для новичков.

- **3DSMAX** — профессиональное программное обеспечение для 3D-моделирования, анимации и визуализации в проектировании.

- **REVIT** — программный комплекс для автоматизированного проектирования, реализующий принцип информационного моделирования зданий.

Преимущества использования компьютера в начертательной геометрии.

1. **Ускорение процесса проектирования:** Компьютеры позволяют быстро строить и редактировать чертежи, а также моделировать непростые геометрические объекты. Это существенно уменьшает время на создание проектной документации.

2. **Гибкость и масштабируемость:** Возможность стремительно менять масштабы объектов, размеры и их взаимное размещение без необходимости вновь создавать каждую линию либо элемент.

3. **Визуализация:** Компьютеры позволяют формировать не только двухмерные проекции, но и трехмерные визуализации объектов, что делает проект наиболее понятным и явным.

4. **Детализированные расчеты:** Компьютерные программы умеют проводить автоматические расчеты, такие как определение углов между плоскостями, расстояний и других геометрических данных.

**Заключение.** Нынешняя начертательная геометрия, в комбинации с способностями компьютерных технологий, раскрывает новейшие интересы с целью проектирования, моделирования и визуализации объектов. Именно она даёт возможность значительно повысить точность и скорость работы, улучшить восприятие и понимание проектируемых объектов. Вместе с формированием технологий и совершенствованием программного обеспечения начертательная геометрия на экране компьютера будет продолжать совершенствоваться и захватывать немаловажную роль в проектировании и инженерной практике.

## Литература

1. Решетников, В. И. (2002). Основы начертательной геометрии. Москва.
2. Мищенко, Н. В. (2010). Начертательная геометрия: Учебник для вузов. Москва.
3. Тагиев, А. Э., Пирвердиева, Л. Р., & Гасанова, Л. Н. (2021). Начертательная геометрия. Баку.
4. Соловьёв, И. П. (2016). Основы 3D-моделирования и начертательной геометрии с использованием AutoCAD и SolidWorks. Москва.
5. Гусев, В. М. (2015). Начертательная геометрия и инженерная графика. Москва

## References

1. Reshetnikov, V. I. (2002). Fundamentals of Descriptive Geometry. Moscow.
2. Mishchenko, N. V. (2010). Descriptive Geometry: Textbook for Universities. Moscow.
3. Tagiev, A. E., Pirverdiyeva, L. R., & Gasanova, L. N. (2021). Descriptive Geometry. Baku.
4. Solovyov, I. P. (2016). Fundamentals of 3D Modeling and Descriptive Geometry Using AutoCAD and SolidWorks. Moscow.
5. Gusev, V. M. (2015). Descriptive Geometry and Engineering Graphics. Moscow

*Məqaləyə istinad: Pırverdiyeva L.R. (2025). Начертательная геометрия на экране компьютера. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzMIU, 1, 150-154*

*For citation Pirverdiyeva L.R. (2025). Descriptive geometry on the computer screen. Scientific Works, AzUAC, 1, 150-154*

Redaksiyaya daxil olma/Received 10.11.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 10.02.2025

## İQTİSADIYYAT

ЭКОНОМИКА



ECONOMICS

<http://doi.org/10.58225/sw.2025.1-155-160>**AZƏRBAYCANDA MƏNZİL BAZARININ İNKİŞAFI VƏ MƏNZİL PROBLEMLƏRİNİN HƏLLİ**

**Ağayeva Könül Asaf qızı** – i.ü.f.d., dosent, İqtisadi nəzəriyyə və marketinq kafedrası, AzMİU, [konul.aghayev@gmail.ru](mailto:konul.aghayev@gmail.ru)

**Qənbərov Əliağa Şahan oğlu** – baş müəllim, İqtisadi nəzəriyyə və marketinq kafedrası, AzMİU, [aliaqa.qanbarov@gmail.ru](mailto:aliaqa.qanbarov@gmail.ru)

**Ağayev Ramin Asaf oğlu** – i.ü.f.d., SOCAR, [ramin.aghayev@socar.az](mailto:ramin.aghayev@socar.az)

**Xülasə.** Məqalədə son illərdə Azərbaycanda mənzil tikintisinin inkişafı və əhalinin mənzillə təmin edilməsi məsələləri şərh edilmişdir. İlk növbədə, Azərbaycanda əhalinin mənzil problemlərinin həllində mənzil bazarının formalaşmasının həlledici amilə çevrilməsi qeyd edilmişdir. Mənzil bazarının inkişafı və formalaşması artıq inkişaf etmiş ölkələrdə müvəffəqiyyətlə həll edilsədə Azərbaycanda bu problemin həllində özünəməxsus xüsusiyyətlərin olması səbəbindən bu təcrübəni müvəffəqiyyətlə tətbiq etmək çox çətindir. Bütün fərqlənmələrə baxmayaraq mənzil tikintisinin inkişafının ilk növbədə ÜDM-in artması ilə bağlı olduğu qeyd edilmişdir. Bir sıra digər amillərin də mənzil bazarına təsirləri məqalədə öz əksini tapmışdır. Azərbaycanda mənzil tikintisinin dinamikası statistik rəqəmlərlə göstərilmişdir. Xüsusi hal kimi, 2016-2018 ci illərdə ÜDM-in artım sürəti 13-16% ilə müqayisədə mənzil tikintisinin artım sürətinin xeyli yüksək – 95 % olması göstərilmişdir.

**Açar sözlər:** Mənzil fondu, mənzil bazarı, əhalinin problemi, ÜDM-in dinamikası, mənzil tikintisinin dinamikası, mənzil tikintisinin həcmi.

**DEVELOPMENT OF THE HOUSING MARKET AND SOLUTION OF HOUSING PROBLEMS IN AZERBAIJAN**

**Aghayeva Konul Asaf** - PhD in economics, ass.prof., department of Economic Theory and Marketing, AzUAC, [konul.aghayeva@azmiu.edu.az](mailto:konul.aghayeva@azmiu.edu.az)

**Ganbarov Aliaga Shahan** – senior lecturer, department of Economic Theory and Marketing, AzUAC, [qanbarov@mail.ru](mailto:qanbarov@mail.ru)

**Aghayev Ramin Asaf** – PhD in economics, ass.prof., SOCAR, [ramin.aghayev@socar.az](mailto:ramin.aghayev@socar.az)

**Abstract.** In the article, the development of housing construction in Azerbaijan in recent years and the issues of providing housing to the population were commented. First of all, it was noted that the formation of the housing market became a decisive factor in solving the housing problems of the population in Azerbaijan. Although the development and formation of the housing market has already been successfully solved in developed countries, it is very difficult to apply this experience successfully in Azerbaijan due to the unique characteristics of solving this problem. Despite all the differences, it was noted that the development of housing construction is primarily related to the increase in GDP. The impact of a number of other factors on the housing market is reflected in the article. The dynamics of housing construction in Azerbaijan is shown by statistical figures. As a special case, compared to the GDP growth rate of 13-16% in 2016-2018, the growth rate of housing construction was shown to be much higher - 95%.

**Keywords:** Housing fund, housing market, population problem, dynamics of GDP, dynamics of housing construction, volume of housing construction

**Giriş.** Ölkəmizdə mənzil tikintisinin inkişafı son illərdə kifayət qədər sürətlə davam etsə də mənzil bazarında yaranmış vəziyyəti heç də qənaətbəxş hesab etmək mümkün deyil. Bunun əsas səbəbi mənzilə olan tələblə mənzil təklifi arasında yaranmış uyğunsuzluqların artmasıdır. Statistik məlumatlara görə ümumi mənzil fondunun artmasını sürətləndirən amillərin təsiri altında 2000-2023 –cü illərdə Azərbaycanda mənzil fondu iki dəfəyə yaxın (2,02 dəfə) artmışdır. Eyni zamanda adambaşına düşən mənzil sahəsi göstəricisi orta göstəricilərdən xeyli çox olmuşdur. Məsələn , 2022-ci ildə istifadəyə verilmiş ümumi mənzil sahəsi 2011-ci illə müqayisədə 6,72 dəfə, 2020- ci illə müqayisədə isə 1,25 dəfə çox olmuşdur. [8,107]2019-cu ildə isə bu sahədə rekord göstərici qeydə alınmışdır. İstifadəyə verilmiş mənzil sahəsinin ümumi sahəsi 2000-ci illə müqayisədə 22,9 dəfə çox olmuşdur( yenə orada: hesablamalar müəlliflərə aiddir).

Adambaşına düşən mənzil sahəsinin artımına gəldikdə isə bu göstərici 2022-ci ildə 2816 kv.m, 2019 -cu ildə isə 9469 kv.m. olmuşdur.

Qeyd etdiyimiz statistik göstəricilər də müasir mərhələdə Azərbaycan Respublikasında mənzil bazarının formalaşması və inkişafının ayrı-ayrı illərdə bəzən bir- birindən çox ciddi sürətdə fərqlənən göstəricilərdə ifadə olunduğunu göstərir. Əhalinin mənzil probleminin həllində açar rol oynayan mənzil bazarının formalaşması problemi kifayət qədər aktualdır, həm də kifayət qədər ziddiyyətlər və fərqlənmələrlə müşayiət olunur.

**Məqsəd.** Mənzil bazarının inkişafına,bazardakı qiymətlərin dəyişməsinə təsir göstərən əsas amil mənzillərə olan tələblə təklifin arasındakı nisbətdir. Son illərdə tələbin təklifi üstələməsi ardıcıl olaraq qeydə alınmışdır. Məsələn . 2023-cü ilin IV rübü ilə müqayisədə 2024-cü ilin I rübündə qiymətlər 8, 1% artmışdır. Dövlət Statistika Komitəsinin məlumatına görə 2024-cü ilin I rübündə mənzil bazarında qiymət indeksi əvvəlki rüblə müqayisədə 2,2%, o cümlədən ilkin mənzil bazarı üzrə 3,1 %, təkrar mənzil bazarı üzrə 2,2% artıb. 2023-cü ilin 3-cü rübündə isə mənzil bazarında qiymət indeksi əvvəlki rüblə müqayisədə 2,8 dəfə artmışdır. Ekspertlərin əksəriyyəti hesab edir ki, mənzil bazarında qiymətlərin artmasının əsas səbəbinin tələbin təklifi üstələməsidir [9,10]. Bu elə bir obyektiv reallıqdır ki, onunla hesablaşmamaq mümkün deyil. Əhalinin mənzil probleminin həllində isə mənzil bazarının formalaşması həlledici rol oynayan amilə çevrilmişdir [9].

Mənzil bazarının inkişafı və formalaşması təcrübəsi artıq inkişaf etmiş ölkələrdə kifayət qədər araşdırılaraq müvəffəqiyyətlə həll edilsə də Azərbaycanda bu problemin həllində özünəməxsus xüsusiyyətlərin olması səbəbindən bu təcrübəni müvəffəqiyyətlə tətbiq etmək çox çətinidir.

Bu təcrübələri birbaşa tətbiq etdikdə lazım olan nəticələri ona görə əldə etmək olmur ki, etiyacların, imkanların, motivlərin fərqli cəhətləri üzə çıxır, prosesin ardıcılığının zaman və məkan baxımından düzgün müəyyən edilməməsinin təsiri altında tamamilə fərqli nəticələr əldə olunur. Azərbaycan şəraitində bu prosesin kifayət qədər sürətlə getməsi və arzuolunan nəticələrin əldə edilməməsinin səbəbləri daha dəqiq arqumentlərin işə salınmasını və təhlilini zəruri edir. Mənzil bazarının kifayət qədər genişlənməsinə, əhalinin mənzil problemlərinin həllində aparıcı rol oynamasına baxmayaraq, dövlət əhalinin mənzil problemlərinin həllinə, ilk növbədə sosial rifahın yüksəldilməsi zərurətini nəzərə almaqla tez-tez müdaxilə edir [ 6].

Bütün fərqlənmələrə baxmayaraq, mənzil tikintisinin inkişafının ilk növbədə ÜDM-in artması ilə bağlı olduğunu xüsusi olaraq qeyd etmək vacibdir. Bu adambaşına düşən mənzil sahəsinin də artmasına səbəb olmuşdur. 2023-cü ilin yekunlarında bu asılılıq özünü daha qabarıq sürətdə göstərmişdir. Lakin hər il istifadəyə verilmiş ümumi mənzil fondunun həcmnin artımı ilə adambaşına düşən mənzil sahəsinin artımı göstəricisi arasında yaranan fərqi (2,02 və 1, 54 dəfə) izah edərkən müəyyən uyğunsuzluğun yaranması aydın görünür. Əlbəttə, bu bir sıra digər amillərin təsirləri ilə də əlaqədardır. Məsələn, əhalinin artım sürəti ilə mənzilə bu baxımdan tələbin artmasını nəzərə almamaq olmaz.

Bir sıra digər mühüm amillərin də mənzil bazarına təsirlərini qeyd etməmək mümkün deyil. Onların sırasında daha ciddi təsirləri formalaşdırən amillər kimi aşağıdakıları qeyd etmək olar:

- Əhalinin miqrasiyası. Bu baxımdan azərbaycanlıların vətənə qayıtması və xaricə getməsi nəticəsində baş verən dəyişikliklər;
- Əhalinin azad olunmuş Qarabağa və ətraf rayonlarına köçürülməsi nəticəsində baş verən dəyişikliklər;

- Regionlarla paytaxtın (Bakının) inkişaf xüsusiyyətlərindəki fərqlərin bəzən özünü çox qabarıq surətdə nümayiş etdirməsi. Bu baxımdan xüsusilə, kənddən şəhərə əhali axınının sürətlə artması çox ciddi təsirlər yaradır;
- Mənzil bazarında inhisarçılıq meyllərinin artması və dövlətin əks tədbirləri ilə azalması meyllərinin yaranması;
- Mənzil bazarındakı qiymətlərə dövlət tərəfindən əhalinin sosial vəziyyətinin yaxşılaşdırılması istiqamətində göstərilən tədbirlər;
- Ölkənin əraziləri üzrə milli bazarın, o cümlədən mənzil bazarının inkişafında baş verən dəyişikliklər;
- Dövlət tərəfindən mənzillərin tikintisi və alqı-satqısı proseslərinə müdaxiləsi nəticəsində baş verən dəyişikliklər və s.;

Dövlətin fəaliyyətinin mənzil bazarına təsirləri bəzən müəyyən dərəcədə gecikmiş olsa da, bütövlükdə çoxlu müsbət təsirlər də yaradır. Məsələn, dövlət tərəfindən tikilən mənzillərin satışı zamanı qiymət güzəştlərinin tətbiqini bu baxımdan xüsusi olaraq qeyd etmək olar.

Azərbaycanda mənzil bazarı həll etməli olduğu problemlərin bir qismini həll edə bilmişdir. Digər tərəfdən, onun həll etməli olduğu problemlərin çoxsaylı olması, inkişafın iqtisadi və siyasi maneələrlə qarşılaşması səbəbindən dövlətin əhalinin mənzil problemlərinin həll edilməsi baxımından bu bazara əhalinin həyat səviyyəsinin yüksəldilməsi baxımından müdaxilələri həm artırılır, həm də təkmilləşdirilir. Bu da onu göstərir ki, Azərbaycanda dünyanın digər ölkələri kimi mənzil tikintisi sahəsinin inkişaf sürəti onun xarakteri, dövlətin sosial-iqtisadi siyasəti ilə bağlıdır.

2000-ci illərdə xarici kompaniyalarla bağlanmış neft kontraktlarının tam gücü ilə işə düşməsi, neft satışından əldə edilən gəlirlərin sürətlə artması ölkəmizdə mənzil tikintisinin də böyük sürətlə artmasına təkan verdi (2019-cu ildə adambaşına mənzil tikintisinin həcmi rekord səviyyəyə-9469 kv.metrə çatması bunu aydın şəkildə əks etdirir).

Azərbaycanda adambaşına düşən mənzil sahəsinin artımının əhalinin mənzilə olan tələbatını nə dərəcədə ödəməsinə müəyyənləşdirmək baxımından ortaya qoyulmuş nəticələr bu anlayışın nisbi kəmiyyət olub, müxtəlif zaman kəsiyində müxtəlif məna kəsb etsə də, daima dəyişməsi və hər bir ölkənin əhalisinin mənzilə olan tələbatının ödənilməsi səviyyəsini və imkanlarını əks etdirir.

Əhalinin mənzil probleminin həllində açar rolunu oynamalı olan mənzil bazarının formalaşması problemi həm elmi, həm də praktiki cəhətdən yüksək aktuallığa malikdir. Bir sıra ölkələrdə, xüsusilə, inkişaf etmiş ölkələrdə və region ölkələrində (Məsələn Rusiyada, Gürcüstanda) ümumiləşdirilsə də, konkret Azərbaycan reallıqları şəraitində problemin həlli, özünəməxsus xüsusiyyətlərin olması səbəbindən həmin təcrübələri tətbiq ehtiyatların, motivlərin fərqli olması, prosesin ardıcılığının zaman və məkan baxımından düzgün müəyyən edilməməsi kimi hallarda fərqli nəticələr əldə olunur, səmərəlilik göstəriciləri müxtəlif olur. Bunu nəzərə alaraq Azərbaycanda bu prosesin qənaətbəxş sürətlə getməməsi və hələ də bizi qane edən nəticələr verməməsi səbəblərinin də daha dəqiq aydınlaşdırılması zəruridir. Azərbaycan dövlətinin mənzil siyasətinin ana xətti də məhz, bununla müəyyən olunur, dövlət əhalinin mənzil problemlərinin ən kəskin ehtiyaclarını həll etməyi öz üzərinə götürmüşdür [11].

Azərbaycanda mənzil tikintisi sosial-iqtisadi əhəmiyyətinə görə daima dövlətin diqqət mərkəzində olan problemlərdən olsa da, onun inkişafının parametrləri və əhalinin mənzil problemlərinin həll edilməsi səviyyəsinə görə müxtəlif zaman kəsiyində müxtəlif olmuşdur. Müxtəlif dövrlərdə əhalinin mənzillə təmin edilməsi anlayışının özü də dəyişib və yeni məzmun kəsb etməsi səbəbindən problemin həll edilməsi dinamik yanaşma tələb edir. Əhalinin mənzillə təmin edilməsi, daima dəyişən və hər zaman kəsiyində özünəməxsus göstəricilərlə xarakterizə olunan bir anlayış olub, bir istehsal sahəsi kimi tikintinin daima yeni formada və məzmununda həll etməli olduğu problemdir.

Mahiyyət etibarı ilə mənzil problemi, məzmun və həcm etibarı ilə daima dəyişən, müxtəlif dövrlərdə yüksək və yaxud zəif səviyyədə olan tələb olaraq tikinti sektorunun təklifinə uyğunluğu ilə həmişə fərqlənmişdir. Reallıqda mənzilə olan tələblə onun təklifi arasında müvazinət nə uzunmüddətli inzibati-amirlik ("planlı iqtisadiyyat"), nə də ki, bazar iqtisadiyyatı dövründə mövcud olmamışdır. Azərbaycanda mənzil tikintisinin və mənzil probleminin həll edilməsində bazarın rolunu araşdırarkən qeyd etməliyik ki, 1992 –ci ildən 2000-ci ilə qədər olan dövrü bazar iqtisadiyyatının

əsaslarının yaradıldığı və bazar prinsiplərinin formalaşma mərhələsində olduğunu nəzərə alsaq, tədqiqatın obyektini kimi ən azından 2002-ci ildən sonrakı dövrü götürmək vacibdir. Bu dövr həm də ölkəyə neft gəlirlərinin daxil olmasının başlanması ilə də əlaqədar olduğundan, iqtisadiyyatın bütün sahələrində, o cümlədən tikintinin inkişafında sıçrayış dövrü başlamışdır.

Azərbaycanda mənzil tikintisinin dinamikasını 1-ci cədvəlindəki rəqəmlərdə izləmək mümkündür.

**Cədvəl 1.** Azərbaycanda mənzil tikintisinin dinamikası [8]

| İllər | Mənzil tikintisinin həcmi (1000kv.m) | Mənzillərin sayı | %= lə |
|-------|--------------------------------------|------------------|-------|
| 1999  | 416                                  | 229              | 55    |
| 2000  | 487                                  | 310              | 63,7  |
| 2001  | 560                                  | 317              | 56,6  |
| 2002  | 803                                  | 439              | 54,7  |
| 2003  | 1339                                 | 745              | 55,6  |
| 2004  | 1359                                 | 1008             | 74,2  |
| 2005  | 1593                                 | 1197             | 75,1  |
| 2006  | 1583                                 | 1139             | 72,0  |
| 2007  | 1616                                 | 1057             | 65,4  |
| 2008  | 1845                                 | 1338             | 72,5  |
| 2009  | 1501                                 | 989              | 65,9  |
| 2010  | 2049                                 | 1422             | 69,4  |
| 2011  | 2033                                 | 1251             | 61,5  |
| 2012  | 2147                                 | 1373             | 64,0  |
| 2013  | 2403                                 | 1567             | 65,2  |
| 2014  | 2197                                 | 1506             | 68,5  |
| 2015  | 1932                                 | 1259             | 65,1  |
| 2016  | 2121                                 | 1510             | 71,2  |
| 2017  | 2017                                 | 1384             | 68,6  |
| 2018  | 2250                                 | 1557             | 69,2  |
| 2019  | 9469                                 | 8794             | 92,9  |
| 2020  | 5224                                 | 4716             | 90,3  |
| 2021  | 2077                                 | 1555             | 74,9  |
| 2022  | 2816                                 | 2212             | 78,5  |

Cədvəldən göründüyü kimi 2000-ci ildən başlayaraq istifadəyə verilmiş mənzil sahəsinin ümumi həcmi sürətlə artmağa başlamış, artıq 2003 –cü ildən başlayaraq 1 milyon kv.m, 2010 –cu ildə isə 2 milyon kv.m –dən çox olmuşdur. 2019-cu ildə isə maksimal səviyyəyə çataraq adambaşına 9469 kv.m olmuşdur. Sonrakı dövrdə kəskin enmə qeydə alınmışdır. 2020-ci ildə adambaşına 5224 kv.m, 2022-ci ildə isə 2816 kv.m. mənzil istifadəyə verilmişdir.

2019-cu ildə və ondan əvvəlki üç ildə Azərbaycan iqtisadiyyatının bütövlükdə inkişafını xarakterizə edən ÜDM-in dinamikası ilə mənzil tikintisinin həcmi artması arasındakı əlaqəni də rəqəmlər vasitəsilə müqayisə etmək məqsədində uyğundur.

Beləliklə, cədvəl məlumatlarının təhlili göstərir ki, 2019-cu ildə Azərbaycanda əvvəlki və sonrakı illərdən çox kəskin şəkildə fərqlənən

İstifadəyə verilmiş mənzil sahəsinin həcmi göstəricisinin əsasında əvvəlki illərdə ÜDM-in yüksək artım sürəti dayanır.

Burada bir xüsusi halı diqqətdən qaçıрмаq olmaz. Bu xüsusi hal ondan ibarətdir ki, 2016-cı , 2017-ci və 2018-ci ildə ÜDM –in artım sürəti 13-16 % olsa da , istifadəyə verilmiş mənzil sahəsinin artım sürəti isə 2018-ci ildə 2017-ci illə, 2017-ci ildə isə 2016-cı illə nisbətdə 95% olmuşdur. Bu fərqlər onu deməyə əsas verir ki, ÜDM artım sürətinin istifadəyə verilmiş mənzil sahəsinə təsiri növbəti illərdə öz əksini tapa bilər. Göstəricilər onu deməyə əsas verir ki, insanlar öz gəlirlərindən öz

mənzil şəraitini yaxşılaşdırma bildiklərindən və bir ilin gəliri mənzil almağa kifayət etmədiyindən bu təsir növbəti illərə ötürülür.

**Cədvəl 2.** Azərbaycanca Ümumi Daxili Məhsul istehsalı (manatla və dollarla) [8]

| İllər | Milyon manatla | Milyon dollarla |
|-------|----------------|-----------------|
| 2016  | 60425,2        | 37862,8         |
| 2017  | 70337,8        | 4087,9          |
| 2018  | 80092,0        | 47112,9         |
| 2019  | 81896,2        | 48174,2         |
| 2020  | 72578,1        | 42693,0         |
| 2021  | 93203,2        | 54825,4         |
| 2022  | 133825,8       | 78721,1         |

Cədvəl məlumatlarından görünür ki, manat ifadəsində Azərbaycanın ÜDM 2019-cu ildə əvvəlki ilə nisbətə 102, 25% olmuşdur, yəni cəmi 2,255% artmışdır. Lakin 2018-ci ilin 2017 –ci ilə nisbətən artımı isə 113, 86 % yəni 13, 86 % olmuşdur. 2017-ci ildə nisbətən artım isə 1,164 %, yəni 16,4% təşkil etmişdir.

#### Nəticə.

- Son illərdə Azərbaycan iqtisadiyyatının sürətli iqtisadi inkişafını təmin edən mühüm amillərdən biri mənzil tikintisinin həcmnin yüksək artım templəridir. 2022-ci ildə 2011-ci illə müqayisədə istifadəyə verilmiş mənzil sahəsi 6,72 dəfə, 2000-ci illə müqayisədə isə 22, 9 dəfə artmışdır.

- Mənzil tikintisinin sürətli inkişafı ilk növbədə ÜDM-in artması ilə bağlıdır. 2023-cü ilin yekunlarında bu asılılıq özünü daha qabarıq sürətdə göstərmişdir.

- Əhalinin Qarabağa və ətraf rayonlara köçürülməsi də mənzil inşaatında sürətli artımın təmin edilməsi amili kimi qeyd edilməlidir.

- Əhalinin mənzil probleminin həllində açar rolunu oynamaq üçün mənzil bazarının formalaşması problemi həm elmi, həm də praktiki cəhətdən yüksək aktuallığa malikdir.

- ÜDM –in artım həcmi və artım sürəti müxtəlif illərdə müxtəlif rəqəmlərlə ifadə olunsa da, ( bax : cədvəllərdəki rəqəmlərə) mənzil tikintisi artım sürəti ilk növbədə ölkəmizdə ÜDM-in artım sürətindən asılıdır.

- ÜDM-in artım sürətləri ilə mənzil tikintisinin artım sürətləri arasındakı fərqlər digər mühüm amillərlə də şərtlənə bilər.

#### Ədəbiyyat

1. Armstrong, O., & Kotler, F. (2005). Marketing: İlk addım. Bakı
2. Kotler, F. (2016). Marketingə dair 300 başlıca sual: Filip Kotler cavab verir. Bakı
3. Məmmədov, A. T. (2014). Marketing. Bakı
4. Багиев, Г. Л., Тарасевич, В. М., & Анн, Х. (2009). Маркетинг: Учебник. Москва: Экономика
5. Vəliyev, T. S., Babayev, Ə. P., & Meybullayev, M. X. (2009). İqtisadi nəzəriyyə. Bakı: Çarşıoğlu
6. Ağayev, A. M., Ağayeva, K. A., & Qənbərov, Ə. Ş. (2020). İnşaatda marketing. Bakı
7. Dövlət Statistika Komitəsi. (2021). Azərbaycanda tikinti: Statistik məcmuə. Bakı
8. Dövlət Statistika Komitəsi. (2023). Azərbaycanda tikinti: Statistik məcmuə. Bakı
9. Mahmudov, M. M., & Mahmudova, İ. M. (2021). Regionların sosial-iqtisadi inkişafının tənzimlənməsi. Bakı
10. Мехтиев, М. И. (2011). Жилищное кредитование — важное условие развития строительства социально-частного и частного жилья в Азербайджане. Экономика строительства, (1). Москва: Стройинформация
11. Мехтиев, М. И. (2012). Жилищная экономика. Баку
12. Поляковский, Г. (2001). Жилищная экономика (перевод с английского). Москва

13. Боровиков, И. И. (1999). Социально-экономическая эффективность жилищного строительства. Москва: Стройиздат
14. Бронер, Д. Л., и др. (1972). Экономика и статистика жилищного строительства. Москва: Высшая школа
15. Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы экономического развития». (2011). Белгород
16. Агаев, А. М., & Джафаров, Ф. Ф. (2010). Механизмы управления рисками при ипотечном кредитовании в Азербайджане. Баку
17. Start.gov.az. (n.d.). <https://start.gov.az/index.php?lang=az&sid=5403>
18. Start.gov.az. (n.d.). <https://start.gov.az/new/index.php?lang=az&id=5403>

## References

1. Armstrong, O., & Kotler, F. (2005). Marketing: The First Step. Baku
2. Kotler, F. (2016). 300 Key Questions About Marketing: Philip Kotler Answers. Baku
3. Mammadov, A. T. (2014). Marketing. Baku
4. Bagiev, G. L., Tarasevich, V. M., & Ann, Kh. (2009). Marketing: Textbook. Moscow: Ekonomika
5. Valiyev, T. S., Babayev, A. P., & Meybullayev, M. Kh. (2009). Economic Theory. Baku: Chashioglu
6. Agayev, A. M., Agayeva, K. A., & Ganbarov, A. Sh. (2020). Marketing in Construction. Baku
7. State Statistical Committee. (2021). Construction in Azerbaijan: Statistical Compilation. Baku
8. State Statistical Committee. (2023). Construction in Azerbaijan: Statistical Compilation. Baku
9. Mahmudov, M. M., & Mahmudova, I. M. (2021). Regulation of the Socio-Economic Development of Regions. Baku
10. Mekhtiyev, M. I. (2011). Housing Credit — An Important Condition for the Development of Social-Private and Private Housing Construction in Azerbaijan. Construction Economics, (1). Moscow: Stroyinformatsiya
11. Mekhtiyev, M. I. (2012). Housing Economy. Baku
12. Polyakovsky, G. (2001). Housing Economy (translated from English). Moscow
13. Borovikov, I. I. (1999). Socio-Economic Efficiency of Housing Construction. Moscow: Stroyizdat
14. Broner, D. L., et al. (1972). Economics and Statistics of Housing Construction. Moscow: Higher School
15. International Scientific-Practical Conference “Current Problems of Economic Development”. (2011). Belgorod
16. Agayev, A. M., & Jafarov, F. F. (2010). Risk Management Mechanisms in Mortgage Lending in Azerbaijan. Baku
17. Start.gov.az. (n.d.). <https://start.gov.az/index.php?lang=az&sid=5403>
18. Start.gov.az. (n.d.). <https://start.gov.az/new/index.php?lang=az&id=5403>

*Məqaləyə istinad: Ağayeva, K. A., Qənbərov, Ə. Ş., Ağayev, R. A. (2025). Azərbaycanca mənzil bazarının inkişafı və mənzil problemlərinin həlli. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzMİU, 1, 155–160*  
*For citation: Aghayeva, K. A., Ganbarov, A. Sh., Aghayev, R. A. (2025). Development of the housing market and solution of housing problems in Azerbaijan. Scientific Works, AzUAC, 1, 155–160*

## GREEN ECONOMY: DIRECTIONS AND PROSPECTS

**Aliyeva Ruhangiz Tofiq** - PhD in economics, associate professor, department of Organization and management of industry, AzUAC, ruhangiz.aliyeva@azmiu.edu.az

**Abstract.** The article considers the concept of "green economy" as one of the strategic directions of economic development in Azerbaijan Republic. The concept of transition to a "green economy" is researched and the main problems of the global ecosystem are analyzed. The main factors of the possibility and limitations of the "green economy" in the world are listed. The experience of the countries leading the "green economy" is considered. It is noted that in modern conditions, the development of a "green economy" will significantly reduce harmful emissions to the planet, and responsibility for pollution is shared between countries. The main directions of the "green economy" are identified, such as green energy, green transport, green technologies, green tourism, green agriculture. A more detailed analysis of the effectiveness of the development of the "green economy" in Azerbaijan is made. It is established that the reduction of public investment in environmentally harmful industries and the increase in tax rates for harm to nature will draw the attention of businesses to clean technologies. Based on the research, the prospects of the "green economy" in Azerbaijan are summarized and the corresponding conclusions are made.

**Keywords:** green economy, efficiency, ecology, resources, investments

## YAŞIL İQTİSADİYYAT: İSTİQAMƏTLƏR VƏ PERSPEKTİVLƏR

**Əliyeva Ruhəngiz Tofiq qızı** – i.ü.f.d., dosent, Sənayenin təşkili və idarə edilməsi kafedrası, AzMİU, ruhangiz.aliyeva@azmiu.edu.az

**Xülasə.** Məqalədə Azərbaycan Respublikasında iqtisadi inkişafın strateji istiqamətlərindən biri kimi “yaşıl iqtisadiyyat” konsepsiyasına baxılmışdır. “Yaşıl iqtisadiyyat”a keçid konsepsiyası araşdırılmış və global ekosistemin əsas problemləri təhlil edilmişdir. Dünyada “yaşıl iqtisadiyyat”ın imkanlarının və məhdudiyyətlərinin əsas amilləri göstərilir. “Yaşıl iqtisadiyyat”da lider olan ölkələrin təcrübəsi nəzərdən keçirilir. Qeyd olunub ki, müasir şəraitdə “yaşıl iqtisadiyyat”ın inkişafı planetə atılan zərərli emissiyaları əhəmiyyətli dərəcədə azaldacaq və çirklənməyə görə məsuliyyət ölkələr arasında bölüşdürülür. Yaşıl enerji, yaşıl nəqliyyat, yaşıl texnologiyalar, yaşıl turizm və yaşıl kənd təsərrüfatı kimi “yaşıl iqtisadiyyat”ın əsas sahələri müəyyən edilmişdir. Azərbaycanda “yaşıl iqtisadiyyat”ın inkişafının səmərəliliyinin daha ətraflı təhlili aparılmışdır. Müəyyən edilib ki, ekoloji cəhətdən zərərli sənayelərə dövlət investisiyalarının azaldılması və ətraf mühitə dəyən ziyanı görə vergi dərəcələrinin artırılması biznesin diqqətini təmiz texnologiyalara yönəltməsinə gətirib çıxardacaq. Aparılmış tədqiqatlar əsasında Azərbaycanda “yaşıl iqtisadiyyat”ın perspektivləri ümumiləşdirilir və müvafiq nəticələr verilir.

**Açar sözlər:** yaşıl iqtisadiyyat, səmərəlilik, ekologiya, resurslar, investisiyalar

**Introduction.** In modern conditions, traditional production is becoming sustainable. Enterprises are introducing certification of healthy and environmentally friendly buildings, and people are demanding more environmentally friendly goods and services. The modern economic structure is being transformed towards environmental sustainability and increased resource efficiency, the ability to withstand environmental challenges and risks, as well as a wider and more reasonable use of environmentally friendly technologies and innovations. Greening implies a compromise between economic, environmental and social goals.

A clean, innovative and resource-efficient "green economy" takes into account the value of the environment, natural resources, the quality of sources of financial growth, and also develops such key elements as efficiency, stimulation, transformation, sustainability and inclusiveness. The

introduction of sustainable production implies the analysis and elimination of factors leading to deterioration of the environment and quality of life. The delayed economic consequences of environmental degradation and depletion of natural resources are considered, and the economic benefits of rational use of natural resources are determined to reduce future costs of reclamation and restoration of biological diversity lost due to extensive development.

**The methodological basis of the research** was the works of domestic and foreign economists on various aspects of assessing the state of the green economy, materials from specialized journals, and periodicals. The article used general scientific research methods: comparative and factor analysis, systems approach.

**The essence of green economy.** In modern conditions, the development of economies of states based on environmental degradation and depletion of natural resources cannot be sustainable. Therefore, many countries are actively searching for new models of economic development related to environmental factors: green economy, green growth economy, bioeconomy, low-carbon economy, blue economy, brown economy, and others. The listed new economic models can be considered different types of green economy.

According to the UN Environment Programme, a green economy "improves human well-being and ensures social justice, while significantly reducing environmental risks and degradation." Key features of a green economy include: efficient use of natural resources; conservation and enhancement of natural capital; reduction of pollution; prevention of biodiversity loss; low carbon emissions. Based on the above, we note that the goal of a "green" economy is to balance unstable ecological and socioeconomic systems for the survival of human civilization. At the same time, international studies of this issue, if summarized, offer the following set of factors of opportunities and limitations of the transition to a green economy. Factors of possible transition to a green economy include: growth of population incomes and creation of additional jobs; environmental protection; development of new technologies; real resources for investment. Factors limiting the transition to a green economy include: the problem of choosing between economic and environmental gains; aggravation of the geopolitical struggle for resources; open markets and fierce competition leads to an increase in the extraction of natural resources.

Based on the analysis of the factors of opportunities and limitations of the transition to a green economy, we believe that it is most appropriate to rely on the experience of countries that have succeeded in forming a green economy. The governments of the member countries of the Organization for Economic Cooperation and Development and key partner countries of this organization have developed and are implementing hundreds of special measures to stimulate the development of a green economy. At the same time, in today's conditions, it is advisable to evaluate global, regional and national initiatives to develop a green economy in the context of a green recovery. The 2020 Green Stimulus Index report, prepared by the British consulting company Vivid Economics, assessed the efforts of 23 major economies on the effectiveness of stimulus packages adopted to support nature and the climate. In this rating, the best marks were received by measures taken by the EU within the framework of the European Green Deal, as well as Germany and South Korea. [12]

Analysis of the state of the green economy in Azerbaijan For a long time, the development of Azerbaijan, as well as most countries in the world, was focused on achieving economic growth, mainly due to the intensive and irrational use of natural resources. The depletion of natural capital due to active exploitation was aggravated and thus did not allow the country's ecosystem to recover. In recent years, it has become obvious that further movement along the path of economic growth, without due consideration of environmental and social factors, poses threats to both current and future generations. In Azerbaijan, the understanding of the "green" economy is defined as an economy that leads to an increase in human well-being and strengthening social justice while significantly reducing risks to the environment, preserving and increasing natural capital, effectively using resources and stimulating the preservation of the country's natural ecosystems. In a green economy, income and employment growth is achieved through public and private investment aimed at reducing carbon emissions and pollution, creating green jobs accessible to women and men, creating a healthy and

supportive environment for the population, and increasing the efficiency of energy, resource and ecosystem services use. [2]

The Conference of the Parties to the UN Framework Convention on Climate Change COP29, which took place in 2024 in Azerbaijan, is a logical continuation of the country's transition strategy to a green economy. In accordance with this mission, by the Order of the President of the Republic of Azerbaijan İlham Aliyev, 2024 was declared the "Year of Solidarity for a Green World" in Azerbaijan. [7,8]

One of the most ambitious "green" initiatives of Azerbaijan is the declaration of the Karabakh and Eastern Zangezur regions as "green zones". These regions are being rebuilt taking into account the principles of sustainable development and a "green" economy. It is planned to create zero-carbon zones in the liberated territories by 2050. For Azerbaijan, the transition to a green economy is an urgent need, since the country's socio-economic development is largely based on the consumption of natural resources. Intensive use of natural resources certainly makes a significant contribution to economic growth in the short term, but it is important to understand that in the long term it will lead to significant negative consequences: widespread poverty and deterioration of public health due to polluted air and poor quality drinking water, lack of food and energy.

Currently, there are alarming trends in Azerbaijan. CO<sub>2</sub> emissions from the energy production and consumption sector account for 80.9% of global anthropogenic greenhouse gas emissions. The largest amount of greenhouse gases are emitted by the energy supply sector, which includes all processes of energy production, conversion, storage, transmission and distribution, except for those that use secondary energy to provide energy services in end-use sectors.

**Table 1.** Increase in greenhouse gas emissions by sector (in million tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent)

|                                                                             | 2010 | 2015 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|-----------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Energy                                                                      | 41,0 | 47,4 | 49,0 | 49,8 | 53,4 | 54,3 |
| Industry                                                                    | 2,1  | 3,4  | 3,3  | 3,2  | 3,3  | 4,1  |
| Agriculture                                                                 | 7,2  | 8,7  | 8,0  | 9,0  | 7,6  | 8,1  |
| Land use, land conversion and forestry                                      | -5,4 | -7,1 | -7,5 | -8,5 | -7,7 | -8,9 |
| Waste                                                                       | 2,3  | 0,9  | 1,4  | 1,4  | 1,5  | 1,5  |
| Excluding land use, land conversion and forestry, total                     | 52,6 | 60,4 | 61,5 | 62,4 | 65,8 | 68,0 |
| Including land use, land conversion and forestry, total                     | 47,2 | 53,3 | 54,1 | 53,9 | 58,1 | 59,1 |
| Carbon dioxide (CO <sub>2</sub> ) emissions per unit of value added, kg/USA | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,6  | 0,6  |

\*The symbol “-” indicates the absorption of gases that create a thermal effect.

As can be seen from the data in Table 1, it is shown that in 2022, 80.9% of the gases emitted into the atmosphere were from the energy sector, 12% from agriculture, 6.11% from industry and 2.24% from waste. Studies have shown that in Azerbaijan, the transition to a green economy will be carried out in the following “green” directions: green industry, green energy, green tourism, green agriculture, green transport, green city, green waste recycling, green education [11]

**Green energy.** The main fuel and energy resources in Azerbaijan are oil, gas, electricity, hot water and fuels and lubricants. However, forecasts by leading energy agencies note the growing electrification of energy as one of the main trends in the development of the global energy system, along with the rapid deployment of clean energy technologies and their reduction in cost. [3,5] Considering that the main components of sustainable "green" energy are energy security, environmental protection and energy for quality life, the goal in the energy sector by 2030 will be to

reduce the energy intensity of GDP while simultaneously increasing access of citizens and economic entities to reliable and modern energy supplies. Thus, Azerbaijan aims to reduce greenhouse gas emissions by 35 percent by 2030 and by 40 percent by 2050 compared to 1990.

Azerbaijan is one of the countries with high potential for renewable energy. According to the Ministry of Energy, the technical potential of renewable energy in the country is 135 GW onshore and 157 GW offshore. The economic potential of renewable energy is 27 GW, including wind energy - 3 thousand MW, solar energy - 23 thousand MW, bioenergy potential - 380 MW. The potential of mountain rivers is estimated at 520 MW. [4] The establishment of a "green" energy zone in Nakhchivan once again underlines Azerbaijan's commitment to sustainability, which is expected to strengthen partnerships with major international partners such as BP, Masdar, ACWA Power and Fortescue Future Industries.

Taking into account the above obstacles and barriers, the achievement of the goal set in the energy sector will be ensured by solving the following tasks:

- 1) improving the system for assessing and monitoring the state of the energy sector;
- 2) improving energy policy;
- 3) increasing the transparency of the fuel and energy sector and ensuring the breakeven point of energy companies;
- 4) increasing the efficiency of energy consumption;
- 5) increasing the share of renewable energy sources in the total volume of final energy consumption;
- 6) raising public awareness of energy conservation and renewable energy sources

**Green agriculture.** In Azerbaijan, agriculture is one of the priority areas of the real sector of the country's economy. It is represented by multidisciplinary agricultural production: crop production, livestock farming, water management, plant protection and quarantine, mechanization, veterinary medicine, land use, food and processing industries. In recent years, there has been some increase in the total area of land used in agriculture. From 2015 to 2023, the area of sown land suitable for agriculture increased from 1897.5 hectares to 2037.4 hectares. The involvement of new lands in agricultural circulation and a significant increase in the area of cultivated land, first of all, contradicts the requirements of protecting biological diversity. This situation also increases the risk of increasing greenhouse gas emissions into the atmosphere, which can disrupt the established order of ecosystem services. The need to preserve biodiversity on lands is considered a key motivator for sustainable development. [9]

Achieving sustainable resource management in agriculture and developing resource-saving, organic and climate-resilient agriculture that contributes to increased productivity in the sector is planned through the implementation of the following tasks:

- 1) achieving sustainable land and water resource management in the agricultural sector through proper planning;
- 2) developing the organic agriculture market;
- 3) improving the regulatory framework governing the development of "green" agricultural production;
- 4) financing "green" agriculture;
- 5) increasing capacity by informing and training rural producers in "green" agriculture methods;
- 6) adapting to climate change and mitigating its negative consequences.

**Green industry.** According to the UN program, the process of "green" industrialization includes increasing the efficiency of resource use, compliance with environmental standards and the maximum possible use of renewable energy sources. In order to identify potential solutions for "green" industrialization, it is necessary to analyze the industrial environmental situation in Azerbaijan. In 2022, 3 million 984.1 thousand tons of waste were generated in Azerbaijan, which is 5.4% more than in the previous year. Of this, 66.7% was municipal solid waste, and 33.3% was industrial waste. Of the 2 million 658.3 thousand tons of municipal solid waste generated last year, 21.2% was used to generate energy. As a result of the production activities of enterprises in 2022, 337.1 thousand tons of hazardous waste were generated, and their share in the total waste was 8.5%. According to the data, 63.1% of waste was generated at mining enterprises, most of which were

located in Baku. Last year, 55 thousand tons of hazardous waste were completely neutralized, including waste from previous years.

To achieve this goal, it is proposed to solve the following tasks:

- 1) identify the potential for the implementation of measures for the efficient use of resources in energy- and water-intensive industrial sectors;
- 2) improve industrial management in the field of environmental protection and strengthen industrial symbiosis in free economic zones;
- 3) implement measures for resource efficiency and cleaner production through the creation of a National Cleaner Production Center;
- 4) improve regulation in the field of environmental protection for industry.

**Green transport.** The main source of air pollution in the cities of Baku, Ganja and Sumgait is the transport sector. From the point of view of sustainable development, the transport sector affects the standard of living of the population through factors such as air quality, time spent in traffic jams, fuel prices, public transport fares, public transport speed and comfort. Emissions of pollutants into the atmospheric air from fuel consumed by motor vehicles in the country in 2023 amounted to 820.8 thousand tons, of which carbon monoxide 556.3 thousand tons, nitrogen oxides 104.2 thousand tons, hydrocarbons 144.9 thousand tons. The average annual concentration of carbon dioxide in the city of Baku was 2000 mcg/m<sup>3</sup>, in Ganja 1500 mcg /m<sup>3</sup>, in Sumgait 1300 mcg /m<sup>3</sup>.

Taking into account the above problems and barriers, the achievement of the set goal will be ensured by solving the following tasks:

- 1) increasing the share of public transport on low-carbon fuel and electricity in the cities of Baku and Sumgait;
- 2) improving the public transport management system in the cities of Baku and Sumgait;
- 3) creating electric charging infrastructure in the city of Baku;
- 4) developing and implementing administrative and economic instruments to create basic conditions for stimulating demand for electric vehicles in the cities of Baku and Sumgait.

**Green tourism.** The importance of the tourism industry is also noted in the global objectives of the Sustainable Development Goals, which highlight the need to ensure the development and implementation of strategies to encourage sustainable tourism, which contributes to job creation, development of local culture and production of local products. Azerbaijan has high tourism potential and a number of favorable conditions for the successful development of the tourism sector. However, against the background of record dynamics of world tourism, tourism development in Azerbaijan remains at an average level. The Tourism Marketing Development Strategy for 2024-2026 focuses on four areas: nature and adventure, cultural tourism, medical tourism and business tourism. The set goal in the field of tourism will be achieved by solving the following tasks:

- 1) ensuring the development of the legal and institutional environment for the transition to sustainable tourism;
- 2) development and implementation of tools, mechanisms for stimulating and supporting the transition to sustainable tourism;
- 3) stimulating the development of sustainable tourism in the regions through zoning, branding of regions, increasing the potential and developing small infrastructure.

**"Green" cities.** Azerbaijan is divided into 63 districts, 79 cities and 1 autonomous republic - the Nakhchivan Autonomous Republic. The capital is Baku, a large industrial center, transport hub and seaport. The main cities are Ganja, Sumgait, Mingachevir, Nakhchivan. Population - 10180.8 thousand people (01.01.2024).

At present, it is necessary to start with the definition, revision of the territory's resources, with the analysis and assessment of the potential of cities, taking into account the social, economic and environmental aspects of development, including the analysis of urban development strategies. Thus, it is necessary to consistently solve the following priority tasks: To achieve this goal, the following tasks will be solved:

- 1) creation of a regulatory, legal and institutional framework for the development of green cities;
- 2) creation of a city management system, taking into account the principles of "green" cities;

- 3) development of engineering, technical and communication infrastructure (networks and roads) of cities, ensuring safety, environmental sustainability and a socially inclusive environment;
- 4) information and training.

**Municipal waste management.** Given the diversity of waste and the need to use different approaches to solving problems with various waste, depending on their origin, hazard class, and condition, the implementation of this Program provides for a solution to the problems of municipal waste management. This will create the necessary prerequisites that will affect the reduction of waste generation volumes by 2030, attract the necessary investments, and develop the waste recycling sector in the country. According to statistics, in 2023, 4,086.1 thousand tons of waste were generated in the country, of which 66.6% were municipal solid waste, and 33.4% were various types of waste generated as a result of the industrial activities of enterprises. In 2023, out of 2,719.6 thousand tons of municipal solid waste, 79.4% were taken to landfills for disposal, 19.5% were used to generate energy, and 1.1% were sold within the country. The use of household waste generated 223 million kW of electricity, which is 8.6% more than in 2022. [7, 9]

Taking into account the set goal and existing problems, the state policy in the field of municipal waste management will be aimed at solving the following tasks:

- 1) introduction into the regulatory framework of the norm on the use of separate collection of municipal waste, facilitating the involvement of secondary material resources in economic circulation;
- 2) introduction into the regulatory framework of modern economic mechanisms for waste management;
- 3) ensuring proper state control and supervision at all stages of waste management;
- 4) raising the level of awareness, environmental education and interest of the population in the field of separate collection and minimization of waste generation.

**Green Finance.** A number of countries around the world are implementing various types of sustainable finance programs, given that this type of financing is one of the fundamental ones for ensuring sustainable development. The green finance market is a rapidly growing and promising segment of the global financial market. Thus, according to Spherical Insights, the global green finance market was valued at \$4.18 trillion in 2023, and is projected to grow to \$28.71 trillion by 2033. The government of Azerbaijan is looking to benefit from this growing sector, while significant investments are needed to achieve the country's carbon emission reduction goals. According to the World Bank, Azerbaijan will need \$40 billion by 2060 to achieve a significant reduction in emissions, with 40 percent of the financing expected to come from the private sector, especially the banking segment. Azerbaijan is not only focused on obtaining international green financing, but is also working to create a domestic framework to stimulate green investments.

As banks make up the majority of Azerbaijan's financial sector, the new criteria will ensure that they play a crucial role in the country's green transition. As part of a broader push for green finance, Azerbaijan's banking sector has already demonstrated strong support for environmentally friendly initiatives. This is evident in sectors such as transport, where new electric buses have been introduced to Baku, and agriculture, where innovations such as drip irrigation systems supported by bank financing are helping to address water shortages. The Central Bank has also approved a financial sector regulatory framework that places an emphasis on green finance, a significant step in advancing the country's green agenda. Some of the most common and effective green fiscal instruments in the world are green taxes (fuel and carbon taxes), environmental charges, tax incentives and government subsidies for green industries and service providers.

It is obvious that the transition to the principles of a "green" economy will affect the interests of different segments of the population: businesses, city dwellers, farmers. However, without the introduction of "green" fiscal instruments, development in other areas of the "green" economy is impossible. The fiscal instruments that Azerbaijan chooses must be adapted to specific national characteristics. They must be developed taking into account the specific problems, history, political context, environmental challenges and the fiscal environment that the republic faces. Within the

framework of the introduction of "green" fiscal instruments, it is proposed to solve the following tasks:

- 1) the introduction of "green" taxes;
- 2) increasing the efficiency of environmental payments;
- 3) reforming environmentally harmful subsidies;
- 4) the introduction of "green" state subsidies.

**Human capital development.** Human development and availability of qualified personnel are key conditions for the transition to a "green" economy and implementation of sustainable development principles in Azerbaijan. It is high human potential and awareness of the population that will allow successfully implementing all sectoral and national development programs. In order to increase the level of knowledge and potential of civil servants in the implementation of the principles of a "green" economy and sustainable development, the following tasks have been identified: 1) increasing the potential of civil servants and municipal employees on "green" economy issues; 2) increasing the potential of universities to provide modern knowledge in the field of "green" economy and conduct scientific research; 3) raising awareness of the business community about the benefits of a "green" economy and the population on sustainable development and climate change.

**Conclusions.** In modern conditions, the increasing risks and threats of depletion of natural resources and environmental pollution emphasize the need and relevance of the development of a "green" economy in Azerbaijan. The country needs to change its state policy towards stimulating: energy efficiency and energy conservation, energy production from renewable sources, improving the efficiency of water and land management in urban and rural areas, an ecosystem approach to adapting to climate change, monitoring and accounting of ecosystem services. Ultimately, all transformations should be aimed at a positive impact on the quality of human life and the environment.

## References

1. Aliyeva, R. T. (2020). Economic evaluation and possibilities of using alternative sources of energy in the economy. In III International Azerbaijan-Ukrainian Scientific and Practical Conference "Building Innovation 2020" (pp. 345–347)
2. Aliyeva, R. T., & Aliyev, F. Z. (n.d.). Main directions of accelerating regional socio-economic development in the digital era. *Agora International Journal of Economic Sciences*, Ljubljana School of Business, 17(2), 170–180
3. Aliyeva, R. T., & Rahimova, L. S. (n.d.). "Green energy" potential of de-occupied territories: Possibilities and perspectives. In International Scientific Conference "Reintegration of Territories Freed from Occupation into the Country's Economy: Goals and Directions" (pp. 378–382). Baku
4. Aliyeva, R. T., & Aliyev, F. Z. (2024, November 26–27). International experience of using renewable energy sources. In XII International Scientific Conference (No. 93, pp. 12–14). Toronto, Canada
5. Lemischuk, A. S., & Ovchinnikova, L. A. (2022). Alternatives sources of energy. In *Theory and Practice of Modern Agrarian Nauki* (pp. 352–354)
6. International Renewable Energy Agency. (n.d.). Assessment of readiness for the use of renewable energy sources in the Republic of Azerbaijan. <https://www.irena.org/>
7. President of the Republic of Azerbaijan. (2023, December 25). Decree on the declaration of 2024 in the Republic of Azerbaijan "The Year of Solidarity in the Name of the Green World". <https://www.president.az/ru/articles/view/62737>
8. President of the Republic of Azerbaijan. (2024, May 2). Ilham Aliyev took part in the International Forum on the topic "COP29" and the Green Vision for Azerbaijan. <https://president.az/ru/articles/view/65580>
9. State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan. (2024). Agriculture of Azerbaijan. <https://www.stat.gov.az/source/agriculture/>
10. State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan. (2024). Environment in Azerbaijan. <https://www.stat.gov.az/source/environment/>

11. Gurbanaliev, A. I., & Ismailova, G. F. (2017). Green economy in the Republic of Azerbaijan: Prerequisites and directions of development. Moscow Economic Journal, (1) Retrieved from file:///C:/Users/User/Downloads/zelenaya-ekonomika-v-azerbaydzhanskoy-respublike-predposylki-i-napravleniya-razvitiya.pdf
12. United Nations Development Programme. (n.d.). Analytical report with evaluation of the best world practices and methodologies of countries in the development area of “green” economy. <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/kg/7ea53a1d1a670f27b0f7b8127e8a55bd2c594cfba20563c947ed83c5766eec05.pdf>

*Məqaləyə istinad: Əliyeva R.T. (2025). Yaşıl iqtisadiyyat: istiqamətlər və perspektivlər. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzMIU, 1, 161-168*

*For citation: Aliyeva R.T. (2025). Green economy: directions and prospects. Elmi əsərlər/Scientific Works, AzUAC, 1, 161-168*

Redaksiyaya daxil olma/Received 11.11.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 11.02.2025

<http://doi.org/10.58225/sw.2025.1-169-180>

## PARALEL QAZ KƏMƏRLƏRİ SİSTEMİNİN QƏZA REJİMLƏRİNİN İDARDƏ OLUNMASIDA QABAQCIL MÜHƏNDİSLİK YANAŞMALARIN TƏTBİQ MƏQSƏDİLƏ REKONSTRUKSIYASI

**Əliyev İlqar Qiyas oğlu**- t.ü.f.d., dosent, Bina və qurğuların istismarı və rekonstruksiyası kafedrası, AzMİU, i\_q\_aliyev@mail.ru

**Xülasə.** Mövcud paralel qaz boru kəmərlərin qeyri-stasionar rejiminin istismar proseslərini idarəetmə sistemləri səmərəsiz və texniki cəhətdən çətindir. Bundan əlavə, fiziki aşınmış və müasir idarəetmə texnologiyalarının tələblərinə cavab verməyən köhnəlmiş elementləri kifayət qədər sürətli reaksiya vermirlər və problemi ətraf mühitə çox miqdarda qaz itirdikdən sonra bildirirlər. Bu məqsədlə mövcud qaz kəməri sistemlərinin rekonstruksiya mərhələsində mənfi nəticələrin aradan qaldırılması məqsədilə müasir idarəetmə metodlarını qəbul edən yeni texnoloji sxemlərin işlənilməsi çox vacibdir. Bu işdə paralel qaz kəmərlərinin qeyri-stasionar qaz axınının riyazi modelinin təhlilinin həyata keçirilməsi nəticəsində texnoloji proseslərə nəzarət və idarəetmə məntəqəsinin informasiya bazası üçün maşın öyrənməsi texnologiyasına əsaslanan alqoritm təyin olunmuşdur. Təyin olunmuş alqoritm boru kəmərlərində texniki istismarının proqnozlaşdırılması və qəza hallarının idarə edilməsi məqsədilə mühəndis texnologiyaları məsələlərinin həlli üçün tövsiyə oluna bilər.

**Açar sözlər.** Təzyiq sensoru, ayırıcı cihazlar, klapan, əlaqələndirici boru, texnoloji sxem, alqoritm

## RECONSTRUCTION OF PARALLEL GAS PIPELINE SYSTEMS IN ORDER TO APPLY ADVANCED ENGINEERING APPROACHES TO CONTROL EMERGENCY MODES

**Aliyev Ilgar Giyas-** PhD in tech.sc., ass.prof., department of Operation and reconstruction of buildings and facilities, AzUAC, i\_q\_aliyev@mail.ru

**Abstract.** The management systems for the operational processes of existing parallel gas pipelines under non-stationary conditions are inefficient and technically complex. Additionally, the outdated elements, which are physically worn and do not meet the requirements of modern control technologies, fail to react quickly enough and only report problems after a significant amount of gas is lost to the environment. For this reason, it is crucial to develop new technological schemes that adopt modern control methods in the reconstruction phase of existing pipeline systems in order to eliminate negative outcomes. In this work, based on the analysis of the mathematical model of non-stationary gas flow in parallel gas pipelines, an algorithm based on machine learning technology was developed for the information database of the control and management point of technological processes. The developed algorithm can be recommended for solving engineering technology problems related to the prediction of technical maintenance and management of emergency situations in pipelines.

**Keywords:** Pressure sensor, separating devices, valve, connecting pipe, technological scheme, algorithm

**Giriş.** Qəza rejimlərin idarəetmə sistemlərinin təkmilləşdirilməsi istiqamətində paralel qaz kəməri sisteminin istismar etibarlılığını artırmaq üçün mövcud köhnəlmiş elementlərin daha müasir elementlərlə əvəz olunması vacib məsələlərdən biridir. Belə ki, qaz paylama şəbəkələrinin işini modelləşdirərkən həmin elementləri və ayırma cihazlarını (kranları) paralel qaz boru şəbəkələrinə elə yerləşdirmək lazımdır ki, qəza hallar zamanı qaz sızmaları nəticəsində ətraf mühitə dəyən zərərin və eləcə də qaz veriminin sərfinin azalması səbəbindən istehlakçılara dəyən zərərin minimuma endirilməsini təmin etmək mümkün olsun. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, rekonstruksiyanın texniki-iqtisadi səmərəliliyi üçün əlavə quraşdırılması nəzərdə tutulan ayırma kranları və elementləri paralel

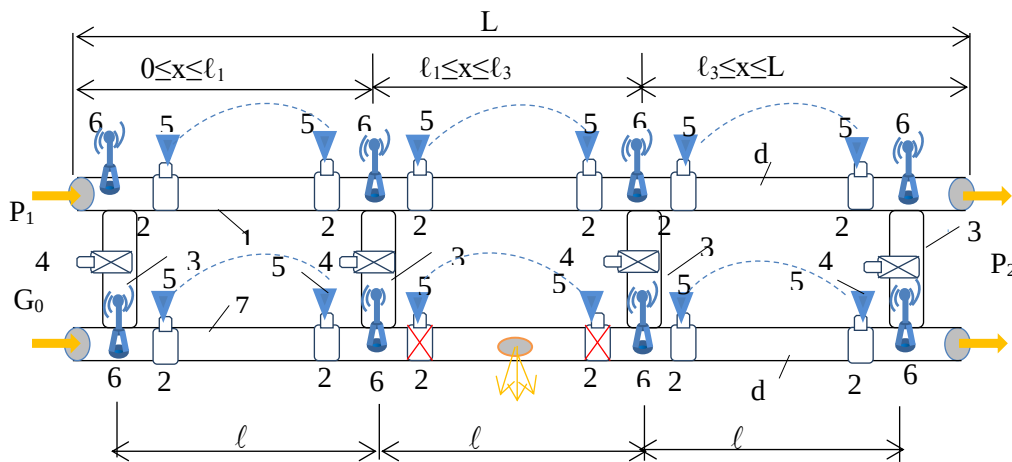
boru şəbəkəsinin strukturuna quraşdırılması zamanı onların tikinti-quraşdırma və istismar xərclərini nəzərə almaq lazımdır.

Rekonstruksiya şəraitində ayırma cihazların (kranların) və elementlərin rəşional yerləşdirilməsi üçün qaz paylama sistemlərinin ilikin parametrləri ilə yanaşı istehlakçı müəssisələrin katiqoriyalarının müəyyən edilməsi tələb olunur [13]. Bu halda idarəetmə metodunu seçmək mərhələsində paralel qaz şəbəkənin etibarlı və təhlükəsiz istismara verilməsi üçün daha optimal və rəşional üsul seçmək problemini həll etmək lazımdır [11,22,26]. Paralel qaz kəmərləri sistemlərin istismarı və rekonstruksiyası zamanı idarəetmə qərarlərinin qəbulu müxtəlif texniki və iqtisadi problemlər yaradır. Belə ki, bir çox hallarda onlara avtomatlaşdırılmış nəzarət sistemi tətbiq olunmadan həmin problemləri həll etmək mümkün olmur. Bu məqsədlə tədqiq olunan işdə paralel qaz kəmərinin xətti hissəsinin qeyri-stasionar iş rejimlərinin monitorinqi və idarə edilməsi üçün metodlar və riyazi modellər təklif olunur. Həmin modellər paralel qaz kəmərinin istənilən hissəsinin bütövlüyünün pozulması nəticəsində yaranan texnoloji proseslərin dinamik xüsusiyyətlərini təhlil etməyə və hesablamaya imkan verən təzyiq funksiyalarına əsaslanır.

**Materiallar və metodologiyası.** Bu işin metodoloji əsası paralel qaz kəmərlərin rekonstruksiyasında qeyri-stasionar qaz nəqlinin texnoloji prosesinin avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərinin təkmilləşdirilməsi üçün texnoloji sxemlərin və alqoritmlərin yaradılmasıdır. Buda, qaz nəqli sistemlərinin səmərəliliyinin, etibarlılığının və təhlükəsizliyinin artırılması kimi mühüm problemləri lazım olan səviyyədə həll edə bilər.

Beləliklə, mövcud paralel qaz kəmərlərinin rekonstruksiyası üçün müasir ayırıcı cihazlar və elementlərdən istifadə edərək qeyri-stasionar qaz axınlarının etibarlı idarə edilməsi məqsədilə aşağıdakı struktur sxemi təklif olunur (Şəkil. 1).

Paralel boru kəmərlərində qəza şəraitində qaz axın selinin bir boru düzümdən digər boru düzümə ötürülməsi məqsədilə quraşdırılan əlaqələndirici bornun diametrini qaz kəmərinin borusunun diametrinə bərabər qəbul edilmişdir. Eyni zamanda qaz kəməri istismara verilən andan onun ilkin parametrlərin ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $G_0$ ,  $L$ ,  $d$ ) qiymətləri ilə yanaşı əlaqələndirici borular arasındakı məsafənin ölçüsü ( $\ell$ ) qaz kəmərinin texniki pasportunda qeyd olunur.



**Şəkil 1.** Paralel qaz kəmərlərinin rekonstruksiya mərhələsində təklif olunan struktur sxemi.

1-zədələnməmiş boru xətti; 2- boru xəttin ayırıcı kranları; 3- paralel boru düzümləri əlaqələndirən boru xətti (əlaqələndirici borular); 4- əlaqələndirici boruların ayırıcı kranları; 5- klapanların vəziyyətinə nəzarət sensoru; 6- simsiz təzyiq sensoru; 7- zədələnmiş boru xətti.

$L$ -qaz kəmərinin uzunluğu, m;  $P_1$ - stasionar rejimdə qaz kəmərinin başlanğıc təzyiqi, Pa;  $P_2$ - stasionar rejimdə qaz kəmərinin son hissəsində təzyiqi, Pa;  $G_0$ - qaz kəmərinin başlanğıcında kütlə səfi,  $\frac{Pa \times san}{m}$ ;  $d$ -boru kəmərinin diametri, m;  $\ell$ - əlaqələndirici borular arasındakı məsafə, m.

Şəkil 1-ə əsasən paralel qaz kəmərinə avtomatik bağlayıcı kranların quraşdırılması aşağıdakı kimi nəzərdə tutulur. Qaz kəmərinin başlanğıc hissəsində olan əlaqələndirici borudan sonra və son hissəsində olan əlaqələndirici borudan əvvəl quraşdırılması nəzərdə tutulur. Paralel qaz kəmərinin digər hissəsində olan əlaqələndirici boruların həm sağında həm də solunda boru şəbəkəsinin hər birinə avtomatik bağlalan kranın quraşdırılması nəzərdə tutulur.

Qəza rejimlərində qaz kəmərlərin səmərəli idarəedilməsi üçün kranların avtomat olaraq işə salınması naturada öz tətbiqini tapmışdı. Əvvəllər qaz kəmərinə qaz təzyiqinin düşmə sürətinə əsasən kalibrlənən klapanlar qəza rejimlərində təzyiqin düşmə sürəti 0,1 MPa/dəq-dən çox olduğu halda hər bir kranı ayrılıqda avtomatik olaraq işə salırdı [8]. Son zamanlarda isə klapanlarının vəziyyətinə nəzarət sensorların tətbiqi nəticəsində kranların avtomatik olaraq işə salması texnologiyası naturada uğurla sınaqdan keçirilib və öz təsdiqini tapmışdır [12].

Bizim təklif etdiyimiz sxemin əsas üstünlüyü ondan ibarətdir ki, qaz sızması baş verdikdə klapanların kalibrlənməsi (köklənməsi) təkcə təzyiqin düşmə sürətinə görə yox, həm də klapanların vəziyyətinə nəzarət sensorunun işə düşməsinə əsaslanır. Bu da qəza rejimlərində kranların işləmə etibarlılığını yüksəldir. Belə ki, paralel qaz kəməri borulardan birinin bütövlüyü pozulduğu halda sızma yerinə ən yaxın olan kranın klapanı təzyiq düşmə sürətinin kalibrlənmə qiymətində (təzyiq düşmə sürəti dəqiqədə 0,2-0,5 MPa -a çatır [5] ) bağlanır. Həmin bağlanan kranın klapanının vəziyyətinə nəzarət edən sensor avtomatik olaraq işə düşür və sızma nöqtəsinin digər tərəfində olan kranın klapanına nəzarət edən sensoru da işə salır. İşə salınan sensor nəzarət etdiyi klapanı işə salaraq avtomatik olaraq kranı bağlayır. Beləliklə, həm təzyiq düşmə sürətinin məhdud qiymətinə və həm də klapan sensorların işə düşməsinə görə kalibrlənən klapanlar sızma yerinin sağ və sol hissələrəndəki kranları eyni vaxtda avtomatik olaraq işə salaraq bağlayır. Şəkil 1-dən göründüyü kimi qaz nəql etdirici paralel boru kəmərinə quraşdırılan avtomat kranların klapanlarının hər biri onların vəziyyətinə nəzarət sensorları ilə təchiz olunur. Əlaqələndirici boruların addımları aralığında olan boru düzümlərinə quraşdırılmış avtomat kranın klapanlarına nəzarət sensorları əşyaların internet şlyuzun texniki əməliyyat imkanları vasitəsilə bir-birinə bağlanırlar. Bu yolla klapanlara nəzarət sensorunun birinin işə düşməsi ona bağlı olan sensoru avtomatik olaraq işə sala bilir. Paralel qaz kəmərinin əlaqələndirici borularına quraşdırılmış pnevmatik kranların uzaqdan idarəetmə sistemi ilə işə salınması üçün isə simsiz təzyiq sensorları nəzərdə tutulur [3,14]. Şəkil 1-dən göründüyü kimi, təzyiq sensorlarının qaz kəmərlərinin əlaqələndirici boruların yerləşdiyi hissədə boru kəmərinə quraşdırılması təklif olunur. Bu sensorlar boru düzümlərində dəyişən təzyiqin vəziyyəti haqqında məlumatın internet üzərindən idarəetmə məntəqəsində izlənməsinə imkan verir.

Məlumdur ki, boru kəmərlərində texniki istismarının proqnozlaşdırılması və qəza hallarının idarə edilməsi üçün aşağıdakı texnologiyalar mövcuddur: əşyaların interneti [6]; maşın öyrənmə və süni intellekt [1,20]; real vaxt ərzində məlumat ötürülməsi üçün 5G kimi qabaqcıl rabitə protokolları [18,24]; Arduino Uno nəzarətçisi -məlumatların toplanması və təhlili üçün Bulud yaddaşı [7,15,27]; hibrid modellər [4]; real vaxt monitorinqi və ya süni intellekt [2,18]. Bu texnologiyalar mürəkkəb qaz nəqli sistemlərində getdikcə daha çox rol oynayır və qaz kəmərlərinin səmərəli istismarı üçün nəzərə alınmalıdır. Məlumdur ki, magistral və paylayıcı qaz kəmərləri yaşayış məntəqələrindən əsasən uzaq və əlçatmaz yerlərdə layihələndirilir. Ona görə də, əvvəllər bu qaz boru kəmərlərinin texnoloji rejiminə nəzarət çətin olduğu üçün onların texniki istismar xərcləri müvafiq olaraq çox olurdu. İndi isə qaz kəmərlərində baş verən dəyişiklikləri innovasiyanın tətbiqi ilə onlara quraşdırılmış qurğular vasitəsilə internet üzərindən, uzaqdan müşahidə oluna və izlənilə bilər. Buna misal olaraq, qaz kəmərinin xətti hissəsinin qeyri-stasionar iş rejimlərinin monitorinqi və idarə edilməsi üçün tətbiq olunan əşyaların interneti (Iot) texnologiyası metodunu vurğulamaq olar [26]. Əşyaların İnterneti (IoT) texnologiyası aparat, proqram və şəbəkəni ehtiva edən cihazların qarşılıqlı əlaqə qurmasına, birgə fəaliyyət göstərməsinə və məlumat paylaşmasına imkan verən bir sistemdir. Hal-hazırda əşyaların İnterneti texnologiyasının sensorları həmin boru kəmərlərinin texnoloji və qəza rejimlərini uzaqdan internet üzərindən real vaxt rejimində izləyir və alınan məlumatları birbaşa nəzarət məntəqələrinə göndərir. Belə ki, bir sızma aşkar edilərsə həmin sistem boru kəmərinə zədələnmiş hissəsini əsas hissəsindən ayırmaq üçün kranları avtomatik olaraq işə salır (bağlayır). Bu

məsələrlə bağlı çoxsaylı yerli və xarici işlərdə baxılmışdır [9,10,19,21,23,25,29]. Həmin əsərlərdə müəlliflər qeyd olunan son texnologiya və metodologiyaların qaz kəmərlərinə integrasiyasının qaz boru sistemlərinin səmərəliliyini, təhlükəsizliyini və etibarlılığını artıracağı haqqında təsvir etmişlər. Təqdim olunan materiallarda, əlbəttə ki, xətti boru kəmərinin nəqlində sızma yerinin aşkarlanması üsullarına və yalnız bu prosesin nəticəsində şəbəkəsinin bütün uzunluğu boyunca qeyri-stasionar qaz axınının parametrlərinin təhlilinə geniş yer verilməmişdir. Bizim tədqiqatın əsas fərqli cəhəti paralel qaz kəmərinin qeyri-stasionar qaz axının müxtəlif keçid prosesləri təhlil edilir. Belə ki, paralel qaz kəmərlərinin boru xəttinin birinin bütövlüyünün pozulması şəraitində Şəkil 1-ə əsasən boru kəmərinin zədələnmiş yerinin sağında və solunda olan kranların işə salınması prosesi ilə yanaşı istehlakçıların fasiləsiz qazla təmini məqsədilə əlaqələndirici borulara quraşdırılmış pnevmatik kranların uzaqdan işə salınma prosesləri birgə təhlil edilir. Boru kəməri üzərindəki kranlar bağlanan andan ( $t=t_1$ ) əlaqələndirici boruların işə salınması (açılması təzyiqin dəyişməsi qiymətləri) müddətinə ( $t=t_2$ ) kimi zədələnən boru xəttinin üç fərqli hissəsində bir-birindən fərqlənən qeyri-stasionar qaz axını parametrlərinin təhlilinə geniş yer verilmişdir. Eləcə də, həmin keçid proseslərin iş rejimlərinin qazodinamik prosesinin bir nəzarət məntəqəsi vasitəsilə idarəetmə metodun qəbulu məqsədilə texnoloji sxemi işlənir. Bu tədqiqatda paralel qaz kəmərlərin qəza şəraitində zədələnmiş hissənin lokalizasiyası üçün klapan sensoru ilə yanaşı keçid proseslərin izlənilməsi üçün təzyiq sensorunun tətbiqi təklif olunur.

Şəkil 1-ə əsasən kranlar bağlanan andan zədələnmiş boru xəttin üç fərqli hissəsində ( $0 \leq x \leq \ell_1$ ,  $\ell_1 \leq x \leq \ell_3$ ,  $\ell_3 \leq x \leq L$ ) baş verən qazodinamik prosesin riyazi modelləri biz tərəfdən tədqiq olunan [17] işdə geniş təhlil olunmuş və üç fərqli hissə üçün qeyri-stasionar qaz axının təzyiq funksiyaları aşağıdakı ifadələrdən ibarətdir [17].

$$0 \leq x \leq \ell_1$$

$$P_1(x, t) = P_1(x, t_1) + \frac{c^2}{\ell_1} \int_{t_1}^t G_0(\tau) d\tau + \frac{2c^2}{\ell_1} \sum_{n=1}^{\infty} \cos \frac{\pi n x}{\ell_1} \int_{t_1}^t G_0(\tau) \cdot e^{-\alpha_3(t-\tau)} d\tau + \frac{c^2}{2a\ell_1} \frac{dP_1(0, t_1)}{dx} \int_{t_1}^t \left[ 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \cos \frac{\pi n x}{\ell_1} e^{-\alpha_3 \tau} \right] d\tau \quad (1)$$

$$\ell_1 \leq x \leq \ell_3$$

$$P_2(x, t) = P_2(x, t_1) - \frac{c^2}{(\ell_3 - \ell_1)} \int_{t_1}^t G_{ut}(\tau) \left[ 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \cos \frac{\pi n (\ell_2 - \ell_3)}{\ell_3 - \ell_1} \right] \times \cos \frac{\pi n (x - \ell_1)}{\ell_3 - \ell_1} e^{-\alpha_4(t-\tau)} d\tau \quad (2)$$

$$\ell_3 \leq x \leq L$$

$$P_3(x, t) = P_3(x, t_1) - \frac{c^2}{(L - \ell_3)} \int_{t_1}^t G_s(\tau) \left[ 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \cos \frac{\pi n (x - \ell_3)}{L - \ell_3} \cdot e^{-\alpha_5(t-\tau)} \right] d\tau - \frac{c^2}{2a(L - \ell_3)} \frac{dP_3(L, t_1)}{dx} \int_{t_1}^t \left[ 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \cos \frac{\pi n (x - \ell_3)}{L - \ell_3} \cdot e^{-\alpha_5 \tau} \right] d\tau \quad (3)$$

Burada,

$$\alpha_3 = \frac{\pi^2 n^2 c^2}{2a\ell_1^2}, \quad \alpha_4 = \frac{\pi^2 n^2 c^2}{2a(\ell_3 - \ell_1)^2}, \quad \alpha_5 = \frac{\pi^2 n^2 c^2}{2a(L - \ell_3)^2}$$

**Qeyri-stasionar qaz axının nəzəri dəyərlərin eksperimental təhlili.** Fərz edək ki, qaz sızmasının lokalizasiyası məqsədilə boru kəmərlərinə quraşdırılmış kranların  $t=t_1=300$  saniyə müddətində klapanlar vasitəsilə avtomatik olaraq bağlanır. Onda paralel qaz kəmərinin fərqli olan hər üç hissəsi üçün qeyri-stasionar qaz axının dəyişməsi qanunauyğunluğunu təyin etmək üçün baxılan konkret qaz kəmərinin aşağıdakı verilənlərini qəbul edirik [17].

$$P_1(0, t_1) = 13.36 \times 10^4 \text{ Pa}; P_1(5000, t_1) = 12.82 \times 10^4 \text{ Pa}; P_1(10000, t_1) = P_2(10000, t_1) = 12.19 \times 10^4 \text{ Pa};$$

$$P_2(14500, t_1) = 11.56 \times 10^4 \text{ Pa}; G_0 = 10 \frac{\text{Pa} \times \text{san}}{\text{m}}; P_2(20000, t_1) = P_3(20000, t_1) = 11.24 \times 10^4 \text{ Pa};$$

$$P_3(25000, t_1) = 10.86 \times 10^4 \text{ Pa}; P_2 = 11 \times 10^4 \text{ Pa}; P_3(30000, t_1) = 10.4 \times 10^4 \text{ Pa}; P_1 = 14 \times 10^4 \text{ Pa}; L = 3 \times 10^4 \text{ m}; \ell_1 = 1 \times 10^4 \text{ m};$$

$$\ell_2 = 1.45 \times 10^4 \text{ m}; \ell_3 = 2 \times 10^4 \text{ m}; c = 383.3 \frac{\text{m}}{\text{sec}}; 2a = 0.1 \frac{1}{\text{sec}}$$

Baxılan müddət üçün  $G_0(t) = G_s(t) = \text{constant}$  qəbul etmək olar [17]. Onda, (1) ifadəsindən istifadə edərək zədələnmiş boru xəttinin 1-ci hissəsinin uzunluğu boyu qeyri-stasionar qaz axının təzyiqinin qiymətlərini hər 120 saniyədən bir hesablayıb aşağıdakı cədvələ qeyd edirik (Cədvəl 1).

**Cədvəl 1.** Zədələnən qaz boru xəttinin 1-ci hissəsində ( $0 \leq x \leq \ell_1$ ) xətti boyu və vaxtdan asılı olaraq təzyiqinin dəyişməsinin qiymətləri

| x. km | $P_1(x, t), 10^4 \text{ Pa}$ |       |       |       |       |       |
|-------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | $t = t_1 + a, \text{ san}$   |       |       |       |       |       |
|       | a=0                          | a=120 | a=240 | a=360 | a=480 | a=600 |
| 0     | 13.36                        | 14.58 | 15.46 | 16.35 | 17.24 | 18.13 |
| 5     | 12.82                        | 13.67 | 14.55 | 15.44 | 16.33 | 17.22 |
| 10    | 12.19                        | 12.91 | 13.8  | 14.69 | 15.57 | 16.46 |

Cədvəl 1-dən görünür ki, zədələnmiş boru üzərində olan avtomat kranları bağlandıqdan sonra qaz kəmərinin 1-ci hissəsində xətti boyu təzyiqin qiyməti vaxtdan asılı olaraq artır. Belə ki,  $x=0$  başlanğıc nöqtəsində  $a=0 \div 600$  saniyə müddəti aralığında təzyiqin qiyməti  $13.36 \times 10^4 \text{ Pa}$  –dan  $18.13 \times 10^4 \text{ Pa}$  –a kimi artır.  $x=5 \text{ km}$  nöqtəsində təzyiqin qiyməti  $a=0$  saniyədə təzyiqin qiyməti  $12.82 \times 10^4 \text{ Pa}$  –dan  $a=600$  saniyədən sonra  $17.22 \times 10^4 \text{ Pa}$ -a kimi artır. Eləcədə,  $x=10 \text{ km}$  olan son nöqtəsində  $a=0$  saniyədə təzyiqinin qiyməti  $12.19 \times 10^4 \text{ Pa}$  –dan  $a=600$  saniyədə isə təzyiqin qiyməti  $16.46 \times 10^4 \text{ Pa}$ -a kimi artır. Yəni,  $a=0 \div 600$  saniyə müddəti aralığında uzunluğu boyu artımın nisbəti 1,35 –dir.

Ardıcıl olaraq, zədələnmiş boru xəttinin 2-ci hissəsinin uzunluğu boyu qeyri-stasionar qaz axının təzyiqinin qiymətlərini hər 120 saniyədən bir hesablayıb aşağıdakı cədvələ qeyd edirik (Cədvəl 2).

**Cədvəl 2.** Zədələnən qaz boru xəttinin 2-ci hissəsində ( $\ell_1 \leq x \leq \ell_3$ ) xətti boyu və vaxtdan asılı olaraq təzyiqinin dəyişməsinin qiymətləri

| x. km | $P_2(x, t), 10^4 \text{ Pa}$ |       |       |       |       |       |
|-------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | $t = t_1 + a, \text{ san}$   |       |       |       |       |       |
|       | a=0                          | a=120 | a=240 | a=360 | a=480 | a=600 |
| 10    | 12.19                        | 10.59 | 9.7   | 8.81  | 7.93  | 7.04  |
| 14.5  | 11.56                        | 10.52 | 9.63  | 8.74  | 7.86  | 6.97  |
| 20    | 11.24                        | 10.01 | 9.13  | 8.24  | 7.35  | 6.46  |

Cədvəl 2-dən görürük ki, 2-ci hissəsinin başlanğıc nöqtəsindən son nöqtəsi istiqamətdə təzyiqin qiyməti vaxtdan asılı olaraq azalır. Belə ki,  $x=10 \text{ km}$  olan başlanğıc hissəsində  $a=600$  saniyə müddətində təzyiqin azalma nisbəti 1,73,  $x=14,5 \text{ km}$  nöqtəsində azalmanın nisbəti 1,65 və  $x=20 \text{ km}$  olan son nöqtəsində isə azalmanın nisbəti 1,73 –dir. Analiz əsasında qeyd edə bilərk ki, 2-ci hissəsinin başlanğıc və son nöqtəsində təzyiqin azalma nisbətinin qiyməti bir-birinə bərabərdilər. Sızma nöqtəsində isə həmin nisbətənin qiyməti artır.

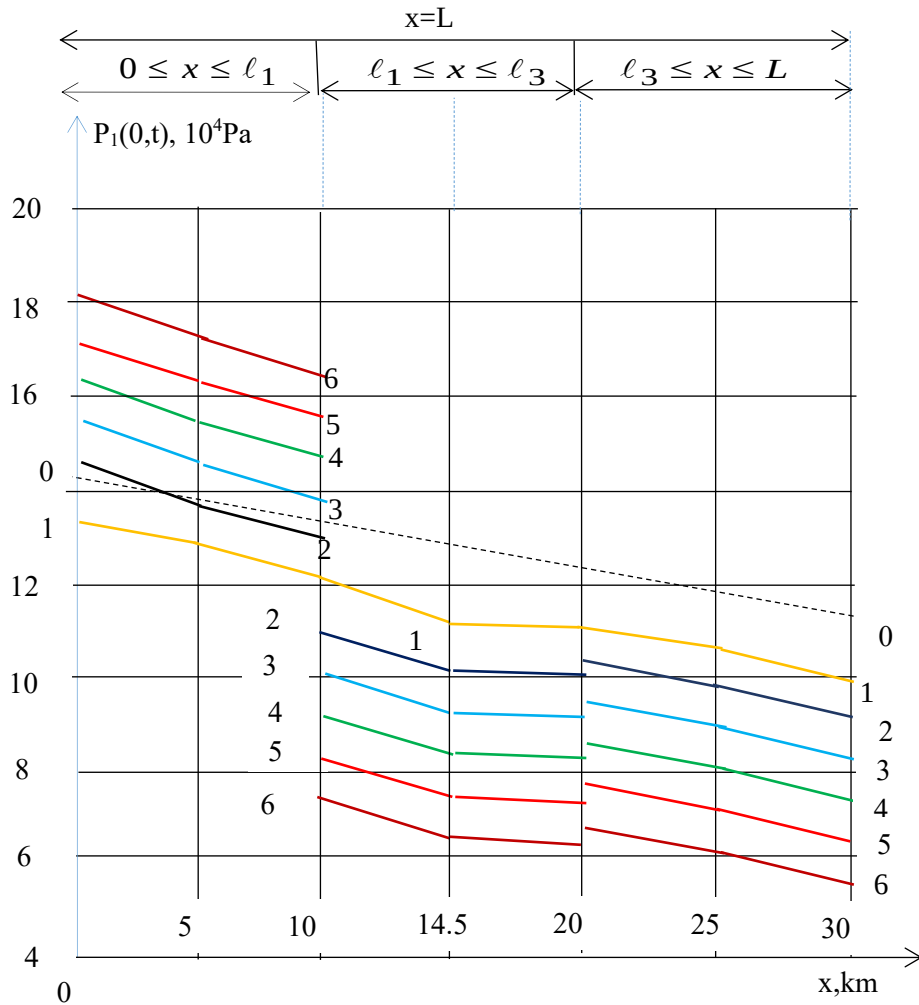
Ardıcıl olaraq, zədələnmiş boru xəttinin 3-cü hissəsinin uzunluğu boyu qeyri-stasionar qaz axının təzyiqinin qiymətlərini hər 120 saniyədən bir hesablayıb aşağıdakı cədvələ qeyd edirik (Cədvəl 3).

**Cədvəl 3.** Zədələnən qaz boru xəttinin 3-cü hissəsində ( $\ell_3 \leq x \leq L$ ) xətti boyu və vaxtdan asılı olaraq təzyiqinin dəyişməsinin qiymətləri

| x.<br>km | $P_3(x,t), 10^4 \text{ Pa}$ |       |       |       |       |       |
|----------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | $t=t_1+a, \text{ sec}$      |       |       |       |       |       |
|          | a=0                         | a=120 | a=240 | a=360 | a=480 | a=600 |
| 20       | 11.24                       | 10.52 | 9.63  | 8.74  | 7.86  | 6.97  |
| 25       | 10.86                       | 10.01 | 9.13  | 8.24  | 7.35  | 6.46  |
| 30       | 10.4                        | 9.19  | 8.3   | 7.41  | 6.52  | 5.63  |

Cədvəl 3-dən görürük ki, 3-cü hissəsinin başlanğıc nöqtəsindən son nöqtəsi istiqamətdə təzyiqin qiyməti vaxtdan asılı olaraq azalır. Belə ki,  $x=20$  km başlanğıc nöqtəsində  $a=0$  saniyədə təzyiqin qeyd olunan qiyməti  $11.24 \times 10^4 \text{ Pa}$  –dan,  $a=240$  saniyədə azalaraq qiyməti  $9.52 \times 10^4 \text{ Pa}$  –a,  $a=600$  saniyədə isə təzyiqin qiyməti  $6.97 \times 10^4 \text{ Pa}$ -a kimi azalır. Yəni  $a=600$  saniyədə azalma nisbəti 1,6 –dir.  $x=25$  km nöqtəsində  $a=0$  saniyədə qeyd olunan qiyməti  $10.86 \times 10^4 \text{ Pa}$  –dan  $a=600$  saniyədə isə təzyiqin qiyməti  $6.46 \times 10^4 \text{ Pa}$ -a kimi azalır. Yəni azalmanın nisbəti 1,68 –dir.  $x=30$  km son nöqtəsində isə  $t=600$  saniyədə təzyiqin qiyməti  $5.63 \times 10^4 \text{ Pa}$ -a kimi azalır. Yəni azalmanın nisbəti 1,85 –dir. Analiz əsasında qeyd edə bilərik ki, 3-cü hissəsinin başlanğıc nöqtəsindən son nöqtəsi istiqamətdə təzyiqin azalma nisbəti artır. Bu zaman zədələnmiş qaz kəmərinin son hissəsində təzyiqinin kəskin azalması səbəbindən tələbatçılara qaz veriminin həcmi də azalcaq.

Cədvəl 1, Cədvəl 2 və Cədvəl 3-dən istifadə edərək mürəkkəb qaz kəmərin 1-ci, 2-ci və 3-cü hissələrində zədələnmiş boru xəttinin uzunluğu boyu təzyiqin vaxtdan asılı olaraq paylanılmasının qrafikini qururuq (Şəkil 2). Şəkil 2-dən göründüyü kimi paralel qaz boru düzümlərinin bütövlüyü pozulmadığı halda, yəni stasionar rejimdə hər iki boru xəttinin uzunluğu boyu təzyiqlərin qiymətləri bir -birinə bərabərdir və zamandan asılı olmayaraq dəyişməzlər (0-0 xətti). Boru xətlərdən birinin kipliyi pozulduğu şəraitdə (şəkil 2-yə əsasən 7-ci düzüm) 1-ci düzümə qaz axının qazodinamik prosesində dəyişiklik baş vermir, yəni stasionar rejimdə işləyir (0-0 xətti).



**Şəkil 2.**  $t=t_1$  anında  $x=l_1$  və  $x=l_3$  hissələrdə olan kranları bağlandıqdan sonra qaz kəmərinin xətti boyu təzyiqin qiymətinin vaxtdan asılı olaraq dəyişməsinin qrafiki (0- $t=0$  stasionar halında, 1- $t=t_1$ , 2- $t=t_1+120$  san, 3- $t=t_1+240$  san, 4- $t=t_1+360$  san, 5- $t=t_1+480$  san, 6- $t=t_1+360$  san)

Bütövlüyü pozulan düzümdə işə uzunluğu boyu təzyiqinin qiyməti vaxtdan asılı olaraq azalır (şəkil 2-də 1-1 xətti) və  $t=t_1=300$  saniyə müddətində düzümün  $x=0$  başlanğıc hissəsində təzyiqinin qiyməti  $P_1=14 \times 10^4$  Pa –dan  $13.36 \times 10^4$  Pa-a,  $x=l_1=10$  km hissəsində  $P(l_1,0)=13 \times 10^4$  Pa –dan  $12.19 \times 10^4$  Pa-a,  $x=l_2$  sızma hissəsində  $P(l_2,0)=12.6 \times 10^4$  Pa –dan  $11.6 \times 10^4$  Pa-a,  $x=l_3=20$  km hissəsində  $P(l_3,0)=12 \times 10^4$  Pa –dan  $11.24 \times 10^4$  Pa-a və  $x=L$  son hissəsinə təzyiqinin qiyməti  $P_2=11 \times 10^4$  Pa –dan  $10.4 \times 10^4$  Pa-a kimi azalır. Təhlilin nəticəsində qeyd etmək olar ki, bütövlüyü pozulan boru xəttinin uzunluğu boyu təzyiqin qiyməti azalır və sızma nöqtəsində azalma həddinin qiyməti digər hissələrə nisbətə daha çoxdur.

Qeyd edildiyi kimi qəzq şəraitində  $t=t_1$  anında boru xətti  $x=l_1$  və  $x=l_3$  hissələrində olan kranlar avtomatik olaraq bağlanır.

**Texnoloji İdarəetmə sistemlərinin və alqoritmlərin yaradılması.** Qaz kəmərinin qeyri-stasionar axın rejimlərinin nəzəri təhlillərinə əsasən demək olar ki,  $t=t_1$  anda zədələnmiş hissələrdə olan əlaqələndirici borular üzərində olan pnevmatik kranların açılması qazodinamik prosesin tələbinə əsasən məqsədə uyğun deyil. Ona görə ki,  $x=l_1$  hissəsində zədələnmiş düzümdə olan təzyiqin qiyməti zədələnməmiş boru xəttindəki təzyiqdən ( $12.19 \times 10^4 < 13 \times 10^4$ ) kiçik olduğu üçün qaz selinin axını əks istiqamətdə olacaq. Yəni zədələnməmiş boru xəttindən qaz kütləsi zədələnmiş boru xəttinə axacaq və bunun nəticəsində istehlakşılara qaz veriminin fasiləsizliyi və rejimi ciddi pozulacaq. Bu məqsədlə əlaqələndirici boruların işə salınması (açılması) üçün müəyyən müddətin ( $t=t_2$  anına kimi)

gözlənilməsi məqsədə uyğundur. O vaxta ki,  $x = \ell_1$  hissəsində zədələnmiş düzümdə olan təzyiqin qiyməti zədələnməmiş boru xəttindəki təzyiqdən böyük olsun. Digər tərəfdən, Şəkil 2-ə əsasən, həmin vaxtlarda zədələnmiş boru xəttinin başlanğıc  $x=0$  hissəsindəki təzyiqin artımı  $x = \ell_1$  hissəsində olan artımı üstəliyin. Bu zaman magistral qaz kəmərlərin əsas avadanlığı olan kompressor stansiyasında vurucu aqreqatların qorunması üçün onların sıxılma əmsalı olan  $\varepsilon$ -nin məhdud qiymətinə böyük əhəmiyyət verilməlidir. Məlumdur ki, kompressorun vurucu aqreqatının sıxılma əmsalını məhdud qiyməti üçün  $\varepsilon \leq 1.3$  [ $P_1/P(0, t_2) \leq 1.3$ ] qəbul olunur [17].

Digər tərəfdən Şəkil 2-dən göründü kimi boru kəmərinə quraşdırılmış kranlar avtoatik olaraq bağlandıqdan sonra, zaman keçdikcə, tələbatçılara qaz veriminin həcmi də azalır. Tələbatçıla lazım olan miqdarda fasiləsiz qazla təmini məqsədilə  $x = \ell_1$  və  $x = \ell_3$  hissələrində əlaqələndirici boru xəttinə quraşdırılmış kranların uzaqdan işə salınması (açılması) vacibdir. Bu məqsədlə idarəetmə mərkəzində ilk olaraq kranların işə düşməsi haqqında məlumat almalı və tez bir zamanda həmin kranların boru kəmərinə yeri məlum olmalıdır. Qeyri-stasionar qaz axının təzyiqinin nəzəri dəyərlərinin eksperimental təhlilindən məlum oldu ki, kranlar bağlanan andan qaz kəmərinin başlanğıc hissəsində təzyiqi vaxtdan asılı olaraq artır. Lakin, son hissəsində təzyiqin qiyməti vaxtdan asılı olaraq azalır. Analizin nəticəsi göstərir ki, qazodinamik prosesi bu xüsusiyyəti yalnız kranların bağlanması halında ola bilər. Deməli, nəzarət məntəqəsində qaz kəmərinin başlanğıc və son hissələrinə quraşdırılmış təzyiq sensorlarından alınan məlumatların təhlilindən bu xüsusiyyət aşkarlandığı halda kranların bağlanması prosesini qeyd edirlər. Həmin kranların yerinin təyin edilməsi üçün isə (1) ifadəsindən istifadə edərək qaz kəmərinin başlanğıc nöqtəsində təzyiqin dəyişməsinə xarakterizə edən tənliyi aşağıdakı kimi təyin edirik.

$$P_1(0, t) = P_1(0, t_1) - \frac{2a\ell_1}{3}G_0 + \frac{2c^2}{\ell_1}G_0 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-\alpha n^2(t-t_1)} + e^{-\alpha n^2 t} - e^{-\alpha n^2 t_1}}{\alpha n^2} \quad 0 \quad (4)$$

$$\text{Burada, } \alpha = \frac{\pi^2 c^2}{2a\ell_1^2}$$

(4) tənliyinin sadələşdirilmiş ifadəsi aşağıdakı kimi olacaq.

$$P_1(0, t) = P_1(0, t_1) + \frac{2c^2 G_0}{\ell_1}(t - t_1)(1 - C) - 2aG_0\ell_1 \left( \frac{1}{3} + \frac{2}{\pi^2} \right) \quad (5)$$

“C”- Eyler sabiti olub, qiyməti  $C=0.577215$  qəbul olunur.

(5) tənliyində bir neçə riyazi əməliyyatın nəticəsində aşağıdakı kvadrat tənliyini alırıq.

$$2aG_0 \left( \frac{1}{3} + \frac{1}{\pi^2} \right) \ell_1^2 + [P_1(0, t) - P_1(0, t_1)]\ell_1 - 2c^2 G_0 (1 - C)(t - t_1) = 0 \quad (6)$$

Beləliklə (6) kvadrat tənliyinin yalnız müsbət kökünü qəbul edərək  $x = \ell_1$  xə  $x = \ell_3$  nöqtələrində əlaqələndirici borulara quraşdırılmış avtomat kranların yerinin təyini üçün aşağıdakı analitik düstur alırıq.

$$\ell_1 = \frac{\sqrt{Z^2 + 8c^2 G_0 (1 - C)(t - t_1)Z_1} - Z}{2Z_1} \quad (7)$$

$$\text{Burada, } Z = [P_1(0, t) - P_1(0, t_1)]; \quad Z_1 = 2aG_0 \left( \frac{1}{3} + \frac{2}{\pi^2} \right)$$

Qeyd olunduğu kimi paralel qaz kəmərləri istismara verilən andan əlaqələndirici borular arasındakı addımın uzunluğunu ifadə edən  $\ell$ -in qiyməti idarəetmə məntəqəsində məlum olduğundan  $x = \ell_3$  nöqtələrində əlaqələndirici borulara quraşdırılmış avtomat kranların yerinin təyini üçün aşağıdakı analitik ifadəni alırıq.

$$\ell_3 = \ell_1 + \ell \quad (8)$$

Yuxarıda aparılan təhlillərin nəticəsi olaraq qeyd etmək olar ki, əlaqələndirici boru xəttinə quraşdırılmış kranların işə salınma müddətinin texnoloji cəhətdən aşkar edilməsi paralel qaz

kəmərinin zədələnmiş boru xəttinin  $x=0$  və  $x=\ell_1$  hissəsindəki  $t=t_2$  anındakı təzyiqlərinin qiymətinə əsaslandırılmalıdır. Onda, idarəetmə mərkəzinə informasiyanın ötürülməsi və qaz kəmərinin etibarlı idarəedilməsi üçün ilkin olaraq sensorlardan verilənlərin qəbul olunması vacibdir. Nəzarət məntəqəsində əldə edilən verilənlərin təhlili və təsdiqi üçün maşın öyrənməsi mexanizmə əsaslanan alqoritmin yaradılması üçün aşağıdakı sistem tənliyi qəbul olunur.

$$\begin{cases} \frac{P_1}{P(0,t)} < \varepsilon \\ \frac{P_1(\ell_1,0)}{P(\ell_1,t)} > 1 \end{cases} \quad (9)$$

İlik növbədə, qaz kəmərinin başlanğıc hissəsində təzyiqin dəyişməsi qiymətləri və eləcə də son hissəsindəki təzyiqin dəyişməsi qiymətləri əsasında nəzarət məntəqəsində kranların işə düşmə halını qeyd ala bilirlər. Həmin vaxtda (7) və (8) ifadələrindən istifadə edərək sızma hissəsinin sağında və solunda olan əlaqələndirici boruların yeri təyin olunur. Ardıcıl olaraq idarəetmə məntəqəsində təzyiq sensorlarından alınan məlumatların təhlili nəticəsində (9) şərti təsdiqlənir. Beləliklə, real vaxt rejiminin, yəni  $t=t_2$  müddətinin aşkarlanır. Həmin vaxtda əlaqələndirici boru üzərində olan kranlar nəzarət məntəqəsindən işə salınır. Bunun nəticəsində paralel qaz kəmərinə qidqlanan müxtəlif katiqoriyalı tələbatçılar fasiləsiz olaraq qazla təmin olunacaqlar.

Cədvəl 1 -dən göründüyü kimi  $t=t_1+120$  saniyyə müddətində  $x=\ell_1$  hissəsində zədələnmiş düzümdə olan təzyiqin qiyməti zədələnməmiş boru xəttindəki təzyiqdən ( $12.91 \times 10^4 > 12.19 \times 10^4$ ) böyükdür və həmin anda  $\varepsilon=14.58/14=1.05 < 1.3$ , deməli (9) şərti ödənilir. Deməli, baxılan qəza şəraiti və konkret qaz kəməri üçün  $t_2=t_1+120$  müddətində idarəetmə məntəqəsi əlaqələndirici borulara quraşdırılan kranları işə sala bilər.

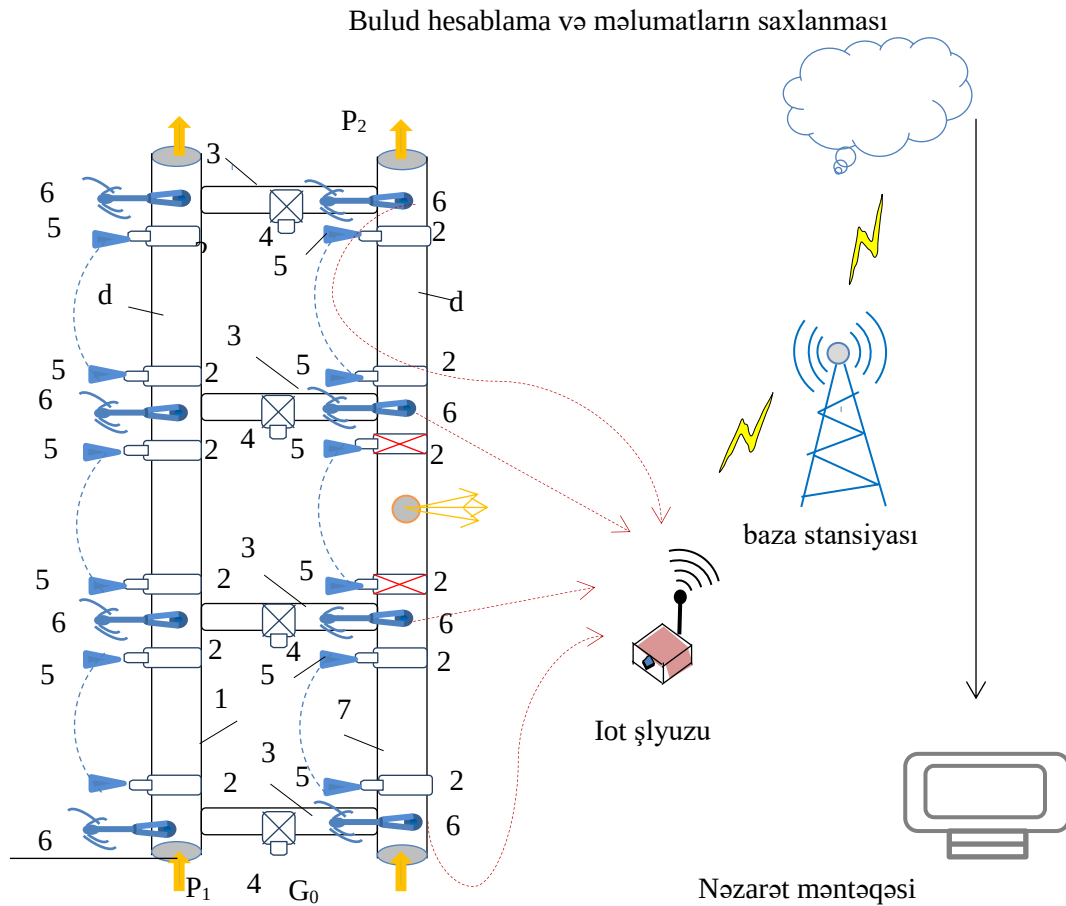
Qeyd olunanların və əldə olunan empirik düsturun yoxlanılması məqsədilə nəzəri eksperimental məlumatlara istinad edirik.

Cədvəl 1-in və konkret qaz kəmərinin verilənlərindən, (7) və (8) düsturundan istifadə edərək  $t=t_1+120$  anındakı qaz kəmərinin başlanğıc təzyiqinin qiymətindən istifadə edərək əlaqələndirici boruya quraşdırılmış işə salınacaq kranın yerini təyin edək.

$$Z = [P_1(0,t) - P_1(0,t_1)] = 14.58 - 13.36 = 1.22; \quad Z_1 = 0.1 \times 10 \times (0.333 + 0.203) = 0.536$$

$$\ell_1 = \frac{\sqrt{Z^2 + 8c^2 G_0 (1-C)(t-t_1)Z_1} - Z}{2Z_1} = 0.9 \times 10^4 \text{ m}; \quad \ell_3 = 0.9 \times 10^4 + 1 \times 10^4 = 1.9 \times 10^4 \text{ m}$$

Nəzəri eksperimental nəticələrin əldə olunması üçün konkret paralel qaz kəmərinə əlaqələndirici boruların faktiki məsafəsi  $\ell_1^f = 1 \times 10^4$  m və  $\ell_3^f = 2 \times 10^4$  m qəbul edilmişdir. Deməli, baxılan konkret paralel qaz kəmərinin əlaqələndirici boru xəttinə quraşdırılan kranın faktiki qiyəti ilə (7) düsturu ilə təyin olunmuş qiymətinin nisbi xətası 0.1-ə bərabərdir. Nisbi xətanın bu göstəricisi boru sistemlərində qeyri-stasionar qaz axınlarının qeyri-xətti diferensial tənliklər sisteminin xəttləşdirilməsinə [28] və eləcə də (1) ifadəsinin sadələşdirilməsinin nəticəsinə əsaslanır. Lakin bu göstərici əlaqələndirici boru xətlərin yerinin təyini üçün qəbul olunandır. Çünki paralel qaz kəmərlərinə quraşdırılan əlaqələndirici boru xətlər arasındakı məsafə texnoloji və iqtisadi cəhətdən kifayət qədər böyük ədəddir. Məsafənin kifayət qədər uzunluğu üçün nisbi xətanın qeyd olunan göstəricisi əlaqələndirici boru xətlərinin yerinin aşkarlanmasına xələl gətirə bilməz. Məsələn, əgər, paralel qaz kəmərinin uzunluğu minimum 10 km olarsa, əlaqələndirici borular arasındakı məsafə texnoloji və iqtisadi cəhətdən minimum 1km olacaq [13].



**Şəkil 3.** Paralel qaz kəmərinin qeyri-stasionar qaz axınının idarə edilməsinin üçün İoT və Bulud hesablama və məlumatların saxlanması sisteminin texnoloji sxemi

Paralel qaz kəmərinin qeyri-stasionar qaz axınının idarə edilməsinin etibarlılığına nəzarət üçün idarəetmə mərkəzində İoT və Bulud hesablama və məlumatların saxlanması sisteminin tətbiqi Şəkil 4-ə əsasən aşağıdakı ardıcılıqla yerinə yetiriləcək.

Şəkil 3-dən görüldüyü kimi paralel qaz kəmərinin 7-ci boru düzümünün 8-hissəsində bütövlüyü (kipliği) pozulduğu halda həmin hissənin sağına və solunda olan avtomat kranları nəzarət sensorlarının impulsundan  $t=t_1$  anında eyni vaxtda bağlanırlar. Mərkəzi idarəetmə məntəqəsi həmin anı qaz kəmərinin son hissələrində olan təzyiq sensorlarından alınan məlumat əsasında  $[P_1(0,t)-P_1>0$  və  $P_2(L,t)-P_2<0]$  kranların bağlanılma hadisəsini qeydə alır. Çünki boru kəmərinin başlanğıc hissəsində həmin andan sonra təzyiqinin qiyməti artır və son hissəsindəki təzyiqinin qiyməti azalır. Beləki bu cür qazodinamik proses yalnız avtomat kranları bağlandıqdan sonra baş verə bilər. İdarəetmə məntəqəsində (7) və (8) düsturlarının köməyiylə qəza hissəsini sağında və solunda olan əlaqələndirici boruların yeri təyin olunur. Həmin yerdə quraşdırılan təzyiq sensorlarından alınan məlumatlar əşyaların interneti Şlyuzuna ötürülür. Əşyaların interneti Şlyuzundnn məlumatlar baza stansiyası qurğusu vasitəsilə məlumatların saxlanması və təhlili üçün bulud yaddaş sisteminə ötürülür. İdarəetmə məntəqəsində monitoring və nəzarət cihaznaı ötürülən məlumatlar təhlil olunur və hesablanır. Əldə olunan parametrlərin qiymətləri təyin olunur və (9) sistem tənliyinin şərti ödənilmədiyi halda yeri təyin olunmuş ( $x=$   $x=$ ) əlaqələndirici borular üzərindəki kranlar idarəetmə məntəqəsində personallar tərəfindən  $t=t_2$  anında işə salınır (açılır). Beləliklə, paralel qaz kəmərinə qidalanan tələbatçılara qaz verimi fasiləsiz olacaq.

Paralel qaz kəmərinin zədələn hissəsi müəyyən müddət ərzində xüsusi qəza birqadasının persionlları tərəfdən texniki- istismarın tələblərinə uyğun olaraq təmir olunur. Təmir olunan paralel qaz kəməri yenidən əvvəlki stasionar rejimində istismar olunur.

**Nəticə.** Paralel qaz kəmərlərin idarəetmə proseslərə nəzarət sistemləri üçün qeyri-stasionar qaz axının əks etdirən riyazi modelinin təhlilinin həyata keçirilməsi nəticəsində idarəetmə məntəqəsinin informasiya bazası üçün maşın öyrənməsi texnologiyasına əsaslanan empirik alqoritm təyin olunmuşdur. İşlənmiş alqoritmın texnoloji idarəetmə sisteminə tətbiqi avtomatlaşdırılmış idarəetmə qərarların həllinin effektivliyini artıracaqdır.

İşlənmiş hesabat sxemi əsasında mühəndisi məsələlərinin həlli üçün nəzərdə tutulmuş alqoritmlər mövcud paralel qaz kəmərləri sistemlərinin rekonstruksiyası üçün tövsiyə oluna bilər. Bu da paralel qaz kəmərlərin səmərəli istismarın üçün mərkəzi idarəetmə sistemini təkmilləşdirməyə imkan verəcək.

Aparılan təhlillərindən məlum olur ki, paralel kəmərin başlanğıc və son hissələrində təzyiqin halının dəyişməsinin qiymətləri avtomat kranların işə düşmə vaxtından birbaşa asılıdır. Qəza şəraitdə paralel qaz kəmərinin zədələnmiş hissələrində klapan sensorları vasitəsilə kranların tez bir zamanda bağlanması nəticəsində zədələnmiş boru şəbəkənin əsas hissəsində ayırır ki, bu da ətraf mühitə itirilən qaz itkisini əhəmiyyətli dərəcədə azalmasına və eləcə də texnoloji itkilərin minimuma endirilməsinə səbəb olur.

Qəza şəraitində təzyiq sensorlardan alınan məlumatın təhlili əsasında real vaxt rejimində əlaqələndiricilərin uzaqdan işə salınması məqsədilə yerlərinin təyini üçün empirik düstur əldə olunmuşdur. Həmin düsturun mərkəzi idarəetmə məntəqəsində tətbiqi nəticəsində istehlakçılara qaz tədarükünün fasiləsizliyinin təmin oluması səbəbindən paralel qaz kəmərinin etibarlılığının və təhlükəsizliyini artırılmasına nail olunur.

## Ədəbiyyat

1. Sircar, A. B., Yadav, K., Rayavarapu, K., Bist, N., & Oza, H. (2021, December). Application of machine learning and artificial intelligence in the oil and gas industry. *Petroleum Research*, 6(4), 379–391, China
2. Banerjee, A., & Raj, K. (2022). Real-time data analytics with AI for cloud monitoring. *Cloud Management Journal*, 6(5), 112–128
3. Das, A., Sarma, M. P., Sarma, K. K., & Mastorakis, N. (2018, July). Design of an IoT-based real time environment monitoring system using legacy sensors. *Web of Conferences*, 210, 415–421, Majorca, Spain
4. Yazdi, A. K., Hanne, T., & Osorio, J. C. (2021, December). A hybrid model for ranking critical successful factors lean Six Sigma in the oil and gas industry. *The TQM Journal*, 33(8), 1825–1844
5. Парсегов, А. В., Варсегова, Е. В., Осипова, Л. Е., & Садыков, Р. А. (2019). Зоны повреждения при аварийной разгерметизации газопровода. *Известия КГАСУ*, (4)(50), 288–296
6. Wagh, A., Waghmare, A., Shinde, V., Dokhe, S., & Mahajan, R. (2024, March). LPG leakage detection using IoT. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology (IJARSCT)*, 4(1)
7. Burjes, A. Y., Aziz, G. S., & Najm, H. Y. (2022). Design a mobile gas sensing system using Arduino Uno with recording and monitoring data. *Web of Scientist: International Scientific Research Journal*, 3(8), 1–9, Indonesia
8. Архипов, В. А. (2012). Study of working processes in automatic emergency shutoff devices for gas pipelines. *Bulletin of Tomsk State Pedagogical University*, 43(6), 54–59
9. Ananya, C., & Kavitha, S. (2022). A smart gas stove with gas leakage detection and multistage prevention system using IoT. *International Journal of Modern Developments in Engineering and Science*, 1(9)
10. Tukkoji, C., & Kumar, S. (2020). LPG gas leakage detection using IoT. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 4(12), 603–609
11. Aba, E. N., Olugboji, O. A., Nasir, A., Olutoye, M. A., & Adedipe, O. (2021, January). Petroleum pipeline monitoring using an internet of things (IoT) platform. *SN Applied Sciences*, 14(2), 1–12

12. Chraim, F., & Pister, K. (2013). Wireless valve position monitoring: A MEMS approach. In 39th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (pp. 4016–4021). Vienna, Austria
13. Takhmazov, F. I., Aliyev, I. G., Yusifov, M. Z., & Omargadieva, M. A. (2024, June). Investigation of effective placement of connecting fittings to prevent gas losses during operation of parallel networks. *International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering*, 16(2), 135–141
14. Senthil, G., Suganthi, P., Prabha, R., Madhumathi, M., Prabhu, S., & Sridevi, S. (2023). An enhanced smart intelligent detecting and alerting system for industrial gas leakage using IoT in sensor network. In 5th International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT) (pp. 397–401). IEEE
15. Al-Asadi, H. A. A., & Chlaihawi, A. A. J. (2023, June). Design and implementation of IoT SCADA system based on open channel flow. *International Journal of Technical and Physical Engineering*, 15(2), 149–154
16. Aliyev, İ. G. (2024, December). Engineering solutions for non-stationary gas pipeline reconstruction and emergency management. *International Journal of Technical and Physical Engineering*, 16(4), 181–193
17. Aliyev, İ. G. (2024). Methodology for selecting conditions of non-stationary gas pipeline exploitation during the reconstruction stage. *Eastern European Scientific Journal*, 1(4), 3–27. <https://archive.eesajournal.com/index.php/eesa/issue/view/97>
18. Anifah, L., Zuhrie, M. S., Muhammad, & Haryanto. (2023, March). Integrated smart real time scoring Pencak Silat based on Internet of Things (IoT). *International Journal of Technical and Physical Engineering*, 15(1), 155–163
19. Adegboye, M. A., Fung, W. K., & Karnik, A. (2019, May). Recent advances in pipeline monitoring and oil leakage detection technologies: Principles and approaches. *Sensors*, 19(11), 2548, UK
20. Al-Sabaei, M. A., Alhussian, H., Abdulkadir, S. J., & Jagadeesh, A. (2023). Prediction of oil and gas pipeline failures through machine learning approaches: A systematic review. *Energy Reports*, 10, 1313–1338, China
21. Baballe, M. A., & Bello, M. I. (2022). Gas leakage detection system with alarming system. *Journal Article*, 9(1), 30–43
22. Kurasov, O. A., & Burkov, P. V. (2021). Substantiation of methods of improving safety of pipeline gas transportation. *E3S Web of Conferences*, 266, 01012, Tomsk
23. Hussein, O. D., Muhudin, A., Abdullahi, H. O., & Ali, M. A. (2024, July). Gas leakage detection in Somalia: Advancing safety with IoT-based systems. *SSRG International Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 11(7), 228–237
24. Al-Jadir, S. J. (2021, December 9). The use of 5G technologies in the digital transformation of the oil/gas industry. In Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference (Paper No. SPE-207529-MS). UAE. <https://doi.org/10.2118/207529-MS>
25. Li, S., Xia, C., Cheng, Z., Mao, W., Liu, Y., & Habibi, D. (2020, March). Leak location based on PDS-VMD of leakage-induced vibration signal under low SNR in water-supply pipelines. *IEEE Access*, 8, 68091–68102, China

*Məqaləyə istinad: Əliyev İ.Q. (2025). Paralel qaz kəmərləri sisteminin qəza rejimlərinin idarə olunmasında qabaqcıl mühəndislik yanaşmaların tətbiq məqsədilə rekonstruksiyası. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzMIU, 1, 169-180*

*For citation: Aliyev I.G. (2025). Reconstruction of parallel gas pipeline systems in order to apply advanced engineering approaches to control emergency modes. Elmi əsərlər/Scientific Works, AzUAC, 1, 169-180*

Redaksiyaya daxil olma/Received 11.11.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 11.02.2025

## BƏRPA OLUNAN ENERJİYƏ KEÇİD STRATEGİYASI

**Əkbərova Samirə Misirxan qızı**- t.e.n., dos., Mühəndis sistemləri və qurğularının tikintisi kafedrası, AzMİU, samira.akbarova@azmiu.edu.az

**Əkbərli Reyhan Səyyad qızı**- m.ü.f.d., dos., Mexanika kafedrası, AzMİU, reyhan.akbarli@azmiu.edu.az

**Xülasə.** İqlim dəyişikliyi ilə mübarizə və karbon emissiyalarını azaltmaq ehtiyacı bərpa olunan enerji mənbələrindən istifadəyə keçidi bir çox ölkələr üçün prioritet edib. Karbohidrogen ehtiyatları ilə zəngin bir ölkə kimi Azərbaycan enerji sektorunu şaxələndirməyə, ənənəvi yanacaqlardan asılılığını azaltmağa çalışır, həmçinin bərpa olunan enerji mənbələrinə (BEM) daha çox sərmayə qoyur. Bu məqalə elmi tədqiqat, istehsal və əməliyyat idarəetməsini əhatə edən üçlük strategiyasını vurğulamaqla Azərbaycanın BEM texnoloji keçidinə kömək etmək üçün konseptual yanaşma təklif edir. Əsas təşəbbüslərə yerli təchizat zəncirinin yaradılması, tədqiqat və inkişaf yolu ilə innovasiyaların təşviq edilməsi və təhsil proqramlarının həyata keçirilməsi daxildir. Daha sonra Azərbaycanın enerji təhlükəsizliyini artırmaq və qlobal davamlı inkişaf məqsədlərinə töhfəsini artırmaq məqsədi daşıyan BEM integrasiyasına koordinasiyalı, davamlı yanaşma üçün tövsiyələr verir. Təklif olunan tədbirlər Azərbaycanın uzunmüddətli enerji transformasiyası üçün praktiki yolu müəyyən edir.

**Açar sözlər:** bərpa olunan enerji mənbələrinə keçid, Azərbaycan, üçlük strategiyası, bərpa olunan enerji mənbələri, texnoloji keçid

## RENEWABLE ENERGY TRANSITION STRATEGY

**Akbarova Samira Misirkhan**- PhD in tech. sc., ass. prof., department of Construction of engineering systems and facilities, AzUAC, samira.akbarova@azmiu.edu.az

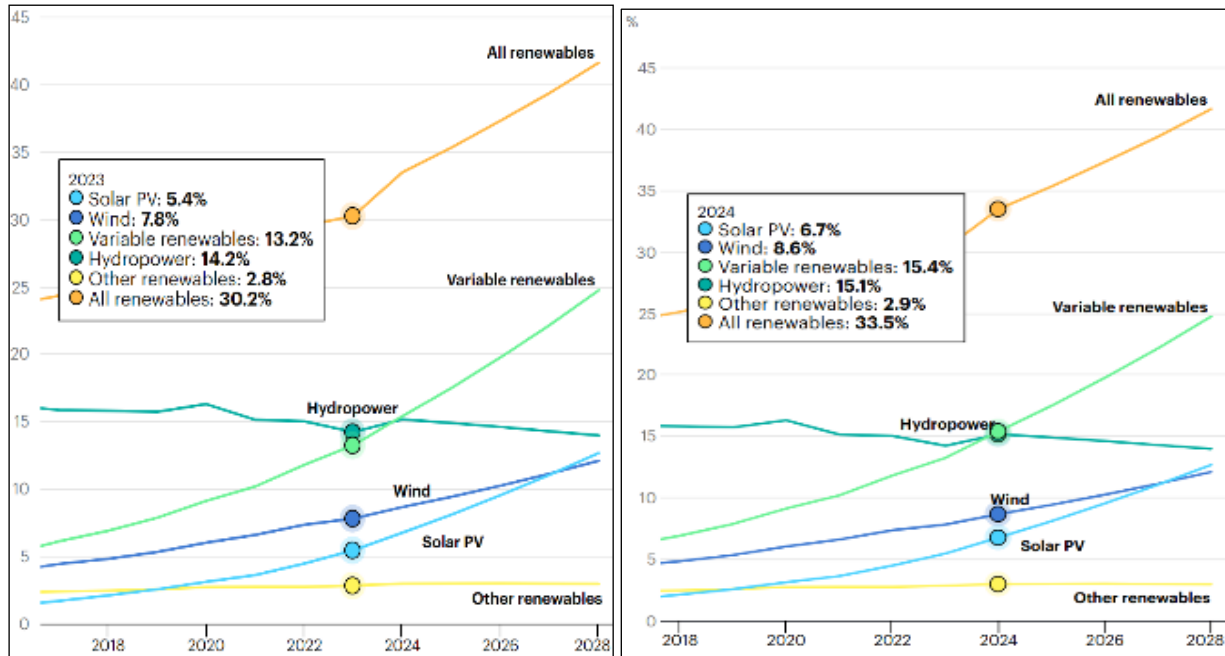
**Akbarli Reyhan Sayyad**- PhD in mech., assoc. prof., department of Mechanics, AzUAC, reyhan.akbarli@azmiu.edu.az

**Abstract.** The need to combat climate change and reduce carbon emissions has made the transition to renewable energy sources a priority for many countries. As a country rich in hydrocarbon resources, Azerbaijan is striving to diversify its energy sector, reduce its dependence on traditional fuels, and also invest more in renewable energy sources (RES). This article proposes a conceptual approach to assist Azerbaijan's RES technological transition by emphasizing a three-pronged strategy that encompasses scientific research, production, and operational management. Key initiatives include building a local supply chain, promoting innovation through research and development, and implementing education programs. It then provides recommendations for a coordinated, sustainable approach to RES integration that aims to enhance Azerbaijan's energy security and contribute to the global sustainable development goals. The proposed actions outline a practical path for Azerbaijan's long-term energy transformation.

**Keywords:** renewable energy transition, Azerbaijan, triad strategy, renewable energy, technological transition

**Giriş.** Artan ekoloji problemlər, iqlim dəyişikliyi və karbohidrogen yanacaqların tükənməsi səbəbindən bərpa olunan enerjiyə mənbələrindən (BEM) qlobal istifadə sürətlənir. Dünya karbon emissiyalarının azaldılması və davamlı enerji təchizatına keçid üçün artan ehtiyacla üzləşir və bu, BEM texnologiyalarının geniş şəkildə tətbiqinə gətirib çıxarır [1]. Bərpa olunan enerjiyə keçid (BEMK) karbohidrogen yanacaqlardan asılılığı azaltmaq və ətraf mühitə mənfi təsirləri minimuma endirmək üçün qlobal enerji strategiyasının ayrılmaz hissəsinə çevrilir [2]. BEMK-in iki məqsədi var: BEM genişləndirmək, onlardan istifadənin payını artırmaq və istixana qazı emissiyalarını

azaltmaq [3]. Qlobal miqyasda istehlakçılar 2023-cü ildə əvvəlki beş ilin orta göstəricisindən demək olar ki, 20% daha çox enerji sərf ediblər [4], (şəkil 1). Avropa İttifaqı ölkələrində yaşayan 40 milyon insandan təxminən hər on nəfərdən birinin evlərində lazımı istilik yoxdur [5]. Şəkil 1-də 2023-cü ildə 30,2% təşkil edən və 2024-cü ildə 33,5%-ə yüksələn, 2018-2040 qlobal enerji balansında müxtəlif növ BEM payının istehlak artım dinamikasını göstərən qrafiklər təqdim olunur. BEM məsələləri dünya ictimaiyyətinin diqqət mərkəzindədir [6]. Proqnozlara görə, bərpa olunan enerji potensialının payının 2030-cu ilə qədər davamlı olaraq 40%-dən çox artacağı gözlənilir [7].



**Şəkil 1.** 2023 və 2024-cü illərdə BEM üzrə enerji istehsalı ( <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/share-of-renewable-electricity-generation-by-technology-2000-2028> )

Bu tədqiqatın məqsədi dövlətin prioritet qərarları nəzərə alınmaqla enerji sektorunun inkişafının mövcud vəziyyəti fonunda Azərbaycanın BEM texnoloji keçidinin strateji əsaslarını öyrənməkdir. Ölkənin enerji sektorunda BEM tətbiqi problemləri təhlil edilir. Məqalə səmərəli istehsal və əməliyyat idarəetmə təcrübələri ilə yanaşı tədqiqatın vacibliyini vurğulamaqla Azərbaycanın bərpa olunan enerjiyə keçid strategiyasını təklif edir .

**Yekun fikirlər və müzakirə.** Azərbaycanın enerji strategiyası əsaslı paradigma dəyişikliyinə məruz qalıb: ölkə artıq idxal olunan texnologiyaların istehlakçısı deyil, ölkə ekoloji cəhətdən təmiz enerjiyə keçidin fəal inkişafçısı və təşəbbüskarıdır [8-10]. Karbohidrogen ehtiyatlarından davamlı asılılığına baxmayaraq, Azərbaycan zəngin təbii sərvətlərindən, əlverişli iqlim şəraitindən və mühüm insan “kapitalı” potensialından istifadə edərək, BEMK iqtisadiyyatın əsas və özünü təmin edən elementinə çevirmək məqsədi daşıyır. Bu məqsədə nail olmaq üçün BEMK inkişafı üçün hərtərəfli üçlük strategiyasını həyata keçirmək lazımdır (şəkil 2). Təklif olunan strategiya Azərbaycanın enerji təkamülü üçün marşrutu-yol xəritəsini müəyyən edir.



**Şəkil 2.** BEMK üçün üçlük strategiyası

**1- Elm: tədqiqat və innovasiya.**

- Tədqiqat bazasının yaradılması. Milli elmi səriştələrin artırılması və innovativ texnologiyaların ölkənin spesifik xüsusiyyətlərinə (iqlim və coğrafiya) uyğunlaşdırılması üçün sınaq meydançaları, texnoparklar, ixtisaslaşmış institutlar və laboratoriyalar daxil olmaqla infrastrukturun inkişafı. BEM-dən istifadə edən innovativ texnologiyaların inkişafı üçün hərtərəfli tədqiqat aparatı lazımdır [11-14]. Bu, milli tədqiqat və inkişaf təşəbbüsləri ilə birlikdə bu sahədə global tendensiyaların sistemli və hərtərəfli öyrənilməsinə tələb edir. İnnovasiyaların sürətlə tətbiqi və bu sahədə rəqabət qabiliyyətinin yüksəldilməsi üçün dövlət dəstəyi vacibdir.

- BEM-in potensialının araşdırılması. Mövcud resursları qiymətləndirmək üçün genişmiqyaslı tədqiqatların aparılması, belektrik stansiyaları üçün optimal yerlərin müəyyən edilməsinə və konkret regionlar üçün ən uyğun texnologiyaların müəyyən edilməsinə kömək edəcək.

- Enerji saxlama texnologiyalarının inkişafı. Etibarlı enerji ehtiyatı uğurlu BEMK-in əsas aspektidir. Azərbaycan üçün BEM-in aralıq xarakteri ilə bağlı problemlərin həllinə kömək edən akkumulyator texnologiyaları və digər enerji saxlama sistemləri üzrə tədqiqatları təşviq etmək və dəstəkləmək vacibdir [15-18].

- Beynəlxalq Elmi Təşkilatlar və İxtisaslaşdırılmış Universitetlər ilə əməkdaşlıq. Beynəlxalq tərəfdaşların cəlb edilməsi və təcrübə mübadiləsi Azərbaycanda yerli şəraitə uyğunlaşdırılmış qabaqcıl texnologiyaların və biliklərin tətbiqini sürətləndirir.

**2- İstehsal: BEM Sənayesinin lokallaşdırılması və inkişafı.**

-BEM avadanlığı və texnologiyası üzrə istehsal potensialının yaradılması. Günəş panelləri, külək turbinləri və digər avadanlıq və cihazlarının yerli istehsalının inkişafı idxal xərclərini azaldır və yeni iş yerləri yaratmaqla iqtisadiyyatı gücləndirir [19-21]. Dayanıqlı strukturlar, kompozit materiallar və akkumulyatorlarla yanaşı yerli materiallara, resurslara və enerjiyə qənaət edən materiallara üstünlük verilməlidir. Avadanlıq və materiallar üçün etibarlı istehsal müəssisələrinin yaradılması üçün elmi tədqiqatlarla əməkdaşlıq çox vacibdir. Tədqiqatın istehsalata inteqrasiyası nəzəri yeniliklər və praktik tətbiqlər arasında sinerji yaradır. Dizayn büroları istehsal prosesini optimallaşdırmaq və innovasiyaların uyğunlaşma qabiliyyətini artırmaqla da öz töhfələrini verirlər. Sənaye, hökumət, akademik dairələr və digər sektorlar arasında əməkdaşlıq innovasiyaya təkan vermək və BEM texnologiyalarını iqtisadiyyatın müxtəlif sektorlarına uğurla inteqrasiya etmək üçün vacibdir [21].

-Özəl sektorun təşviqi və istehsala investisiyaların cəlb edilməsi. BEM avadanlığı istehsal edən şirkətlər üçün vergi güzəştlərinin və subsidiyaların tətbiqi investisiyaları stimullaşdırır və yerli sənayenin inkişafını dəstəkləmək üçün beynəlxalq şirkətləri cəlb edə bilər [22].

- Yerli təchizat zəncirinin qurulması. Komponentlər və materiallar da daxil olmaqla, RES avadanlığının istehsalı və saxlanması üçün təchizat zəncirlərinin inkişafı ölkənin enerji təhlükəsizliyini artıracaq və xarici təchizatçılardan asılılığı azaldacaq.

-Tədqiqat və inkişaf BEM texnologiyalarına investisiya. Qabaqcıl texnologiyaların inkişafı və elmi tədqiqatlar əsasında istehsalın optimallaşdırılması məhsulların rəqabət qabiliyyətinin artırılmasına və texnologiyaların Azərbaycan şəraitinə uyğunlaşdırılmasına kömək edir.

3. Əməliyyat: bərpa olunan enerji mənbələrinin idarə edilməsi, monitorinqi və texniki xidməti.

- İntellektual enerji sisteminin (Smart Grid) yaradılması. BEM-dən səmərəli istifadə etmək üçün yükün tarazlaşdırılmasına, BEM-in digər enerji mənbələri ilə integrasiyasına və enerji şəbəkəsini səmərəli idarə etməyə imkan verən enerji axınının idarə edilməsi sistemlərinin yaradılması lazımdır.

- Enerji istehsalının monitorinqi və proqnozlaşdırılması. Enerji hasilatının həcmünün proqnozlaşdırılmasına və BEM obyektlərinin fəaliyyətinin optimallaşdırılmasına kömək edən meteoroloji məlumatların təhlili əsasında monitorinq və proqnozlaşdırma sistemlərinin tətbiqi.

- İxtisaslı işçilərin hazırlanması. Obyektlərin etibarlı və peşəkar idarə olunmasını təmin edən istismar və texniki xidmət sahəsində mütəxəssislərin hazırlanması üçün təhsil proqramlarına ehtiyac var. BEM infrastrukturunun uzunmüddətli işləməsi üçün avadanlığın istismarı və dövrü monitorinqi üçün standart protokollardan peşəkarcasına istifadə edən ixtisaslı komanda lazımdır. Avadanlıqların təmiri və profilaktik təmiri üçün yerli mütəxəssislərin olması vacibdir. İstehsal üçün etibarlı texnoloji dəstək bərpa olunan enerji müəssisələrinin əməliyyat bütövlüyünə zəmanət verir. - Bərpa olunan enerji mənbələrinin istismarı üçün standartların və qaydaların həyata keçirilməsi. BEM avadanlığının və texnoloji iş rejimlərinin istismarı üçün milli standartların işlənilib hazırlanması və qəbulu obyektlərin səmərəliliyinin və təhlükəsizliyinin artırılmasına kömək edir.

**Üçlük strategiyasının əlaqələndirilməsi üçün tövsiyələr.** Elmi, istehsalat və əməliyyat sahələrini birləşdirən üçlük strategiyasının həyata keçirilməsi üçün koordinasiya mərkəzinin yaradılması. Mərkəz dövlət orqanları, elmi müəssisələr və sənaye müəssisələri arasında əlaqələrin qurulmasına şərait yaradır.

- BEM üzrə uzunmüddətli yol xəritəsinin, o cümlədən elmi tədqiqatların, istehsalat və əməliyyat fəaliyyətinin mərhələlərinin hazırlanması. Yol xəritəsi həyata keçirilən strategiyanın işlənilib hazırlanması və effektivliyinin qiymətləndirilməsi üçün bələdçi rolunu oynayır.

- Üçlü strategiyanın bütün mərhələlərində özəl sektorun və xarici investorların cəlb edilməsi Azərbaycanda bərpa olunan enerji mənbələrinin maliyyə dayanıqlığını və texniki inkişafını gücləndirir.

Elm, istehsal və əməliyyat üçlük strategiyası çərçivəsində bu tövsiyələrin həyata keçirilməsi Azərbaycanın BEM səmərəli və davamlı keçidi üçün lazımi şərait yaradacaq, milli enerji təhlükəsizliyini gücləndirəcək və ekoloji yükü azaldacaq. BEM-nin inkişafı üçün üçlük strategiyasının həyata keçirilməsi ölkə iqtisadiyyatının şaxələndirilməsi üçün zəruri əsasdır ki, bu da ekoloji sabitlik və texnoloji liderlik istəyi arasında tarazlığı qorumağa kömək edir. Elmi tədqiqatlara və tədqiqatlara prioritet diqqət, yerli istehsal potensialının yaradılması və etibarlı xidmət infrastrukturunun yaradılması ölkənin RE sahəsində dünyanın aparıcı dövlətləri sırasında olmasına kömək edəcək.

**Nəticə.** BEMK ənənəvi enerji resurslarının bərpa olunan enerji ilə əvəz edilməsini nəzərdə tutur. Bu global tendensiya karbon neytrallığına nail olmaq üçün bir çox sənaye sahələrinin, ilk növbədə enerji, tikinti və nəqliyyatın köklü yenidən qurulması ehtiyacını doğurur. Azərbaycanda BEMK öz inkişafının ilkin mərhələsindədir. BEM istehlakının payını 18%-dən 30%-ə çatdırmaq və 2030-cu ilə qədər dövlət tərəfindən qarşıya qoyulan məqsədlərə nail olmaq üçün əhəmiyyətli dövlət dəstəyi və tam istehsal zəncirinin qurulması tələb olunur- tədqiqat və təkmilləşdirmədən tutmuş məhsul istehsalı üçün öz sənayesinin yaradılmasına qədər. Bu sahənin inkişafı həm yeni yüksək texnologiyalı innovativ məhsulların, həm də yeni istehsal güclərinin yaradılmasına töhfə verməklə ölkə iqtisadiyyatına mühüm təsir göstərəcək.

## Ədəbiyyat

1. Məmmədov, N., & Əkbərova, S. (2021). Azərbaycanda təhsil binalarının multidisiplinar enerji auditi: Universitet şəhərciyində Case Study. IFAC-PapersOnLine, 51(30), 311–315.
2. Məmmədov, N., Əkbərova, S., & Rzayeva, N. (2018). Binaların enerji auditi onların enerji səmərəliliyini artırmaq üçün bir vasitədir. Ingenieurtag, Brandenburg Texniki Universiteti, 210-219.

3. Quliyev, F. (2024). Ənənəvi neft hasil edən ölkələrdə bərpa olunan enerji hədəfləri və siyasətləri: Azərbaycan və Qazaxıstanın müqayisəsi. *Journal of Eurasian Studies*, 15(1), 110-124.
4. Vidadili, N., Süleymanov, E., Bulut, C., Mahmudlu, C. (2017). Azərbaycanda bərpa olunan enerjiyə keçid və davamlı enerjinin inkişafı. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 1153-1161.
5. Leduchowicz-Municio, A., Domenech, B., Ferrer-Marti, L., Udaeta, M., & Gimenes, A. (2024). Hamı üçün uğurlu və ədalətli enerji keçidi üçün əsas strategiyalar hansılardır? São Pauloda təcrid olunmuş nümunə araşdırmalarının çox meyarlı qiymətləndirilməsi. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 50, 100813.
6. Cholewa, M., Məmmədov, F., & Nowaczek, A. (2021). Azərbaycan və Polşada bərpa olunan və dayanıqlı enerji sisteminə keçidin maneələri və çətinlikləri. *Mineral Economics*, 35(1), 155-169.
7. Felver, T. (2020). Azərbaycan Paris razılaşması üzrə öhdəliklərini necə yerinə yetirə bilər: Sıçrayış modelləşdirməsindən istifadə edərək iqlim dəyişikliyi ilə bağlı enerji siyasəti variantlarının effektivliyinin qiymətləndirilməsi. *Heliyon*, 6(8), e04697.
8. Mustafayev, F., Kulawczuk, P., & Orobello, C. (2022). Azərbaycanda bərpa olunan enerjinin vəziyyəti: Gələcək inkişaf üçün günəş və külək potensialları. *Energies*, 15, 401.
9. Trinh, V., Chung, C., Nguyen, X., Nguyen, Q., & Nguyen, T. (2023). Bərpa olunan enerji istehsalının qısa icmalı: Davamlı inkişaf, aparıcı ölkələrdən uğurlu dərslər. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*.
10. Əkbərova, S., Məmmədov, N., & Rüstəmov, V. (2022). Qarabağ "yaşıl" enerji zonası üçün günəş panelləri ilə istilik enerjisi istehsalının qiymətləndirilməsi. *Reliability: Theory & Applications*, 4(70), 200-206.
11. Qasımlı, V. (2024). Resurslarla zəngin iqtisadiyyatlarda dayanıqlı enerji mənbələrinə keçidin hansı üstünlükləri yaranır? Azərbaycandan empirik baxışlar. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 14(1), 12-20.
12. Məmmədova, G., & Əkbərova, S. (2025). Ağıllı kəndlər üçün innovativ tikinti texnologiyaları: Case study Qarabağ. 2nd International Conference on Information Technologies and Their Applications (ITTA 2024), *Communications in Computer and Information Science*, Vol. 2226. Springer, Cham.
13. Əkbərova, S. (2022). Ekstremal külək şəraitində qeyri-şəffaf ventilyasiya olunan fəsadların hava boşluğunun istilik göstəricilərinin eksperimental tədqiqi: Case study Bakı. *Building Reports*, 73(561), e376.
14. Güləliyev, M., Mustafayev, E., & Mehdiyeva, G. (2020). Günəş enerjisi potensialının və onun ekoloji-iqtisadi səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi: Azərbaycan nümunəsi. *Sustainability*, 12(3), 1116.
15. Quliyev, F. (2023). Ənənəvi neft hasil edən ölkələrdə bərpa olunan enerji hədəfləri və siyasətləri: Azərbaycan və Qazaxıstanın müqayisəsi. *Journal of Eurasian Studies*, 15(1), 110-124.
16. Həmidova, L., Hüseynov, A., & Səmədova, E. (2022). Azərbaycanda bərpa olunan enerji mənbələrinin tətbiqində problemlər. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12(6), 441-446.
17. Hüseynli, B. (2023). Azərbaycanda bərpa olunan günəş enerjisi potensialı və strategiyası. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 13(1), 31-38.
18. Nuriyev, M., Məmmədov, C., & Məmmədov, C. (2019). Bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişafı risklərinin təhlili və qiymətləndirilməsi: Azərbaycan nümunəsi. *European Journal of Economics and Business Studies*, 5(3), 11-19.
19. Baxsh, A., Zhang, W., Kishwar, A., & Oláh, J. (2024). Davamlı enerji keçidinə doğru strategiya: Ətraf mühitin idarə edilməsi, iqtisadi mürəkkəbliyə və geosiyasət təsiri. *Energy Strategy Reviews*, 52, 101330.
20. Chipangamate, N., & Nwaila, G. (2024). İnkişaf etməkdə olan bazarlarda enerji keçidlərini idarə etmək üçün problemlərin və strategiyaların qiymətləndirilməsi: Sosial-texnoloji sistemlər perspektivi. *Energy Geoscience*, 5(2), 100257.

21. Məmmədova, G., & Əkbərova, S. (2024). Building certification methods applied in Azerbaijan. *Urbanizm. Architecture. Construction*. 15(3), 281-294.

## References

1. Mammadov, N., & Akbarova, S. (2021). Multidisciplinary energy audit of educational buildings in Azerbaijan: A case study on a university campus. *IFAC-PapersOnLine*, 51(30), 311–315.
2. Mammadov, N., Akbarova, S., & Rzayeva, N. (2018). Energy audit of buildings as a tool to improve their energy efficiency. *Ingenieurtag, Brandenburg University of Technology*, 210–219.
3. Guliyev, F. (2024). Renewable energy targets and policies in traditional oil-producing countries: A comparison of Azerbaijan and Kazakhstan. *Journal of Eurasian Studies*, 15(1), 110–124.
4. Vidadili, N., Suleymanov, E., Bulut, C., & Mahmudlu, C. (2017). Renewable energy transition and sustainable energy development in Azerbaijan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 1153-1161.
5. Leduchowicz-Municio, A., Domenech, B., Ferrer-Marti, L., Udaeta, M., & Gimenes, A. (2024). What are the key strategies for a successful and just energy transition for all? A multi-criteria assessment of isolated case studies in São Paulo. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 50, 100813.
6. Cholewa, M., Mammadov, F., & Nowaczek, A. (2021). Barriers and challenges to the transition to a renewable and sustainable energy system in Azerbaijan and Poland. *Mineral Economics*, 35(1), 155-169.
7. Felver, T. (2020). How Azerbaijan can meet its commitments under the Paris Agreement: Assessing the effectiveness of energy policy options on climate change using leapfrog modeling. *Heliyon*, 6(8), e04697.
8. Mustafayev, F., Kulawczuk, P., & Orobello, C. (2022). The state of renewable energy in Azerbaijan: Solar and wind potentials for future development. *Energies*, 15, 401.
9. Trinh, V., Chung, C., Nguyen, X., Nguyen, Q., & Nguyen, T. (2023). A brief overview of renewable energy production: Sustainable development, successful lessons from leading countries. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*.
10. Akbarova, S., Mammadov, N., & Rustamov, V. (2022). Assessment of thermal energy production with solar panels for the Karabakh “green” energy zone. *Reliability: Theory & Applications*, 4(70), 200-206.
11. Gasimli, V. (2024). What are the benefits of transitioning to sustainable energy sources in resource-rich economies? Empirical insights from Azerbaijan. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 14(1), 12-20.
12. Mammadova, G., & Akbarova, S. (2025). Innovative building technologies for smart villages: Case study Karabakh. *2nd International Conference on Information Technologies and Their Applications (ITTA 2024), Communications in Computer and Information Science*, Vol. 2226. Springer, Cham.
13. Akbarova, S. (2022). Experimental study of air gap thermal performance of opaque ventilated facades under extreme wind conditions: Case study Baku. *Building Reports*, 73(561), e376.
14. Gulaliyev, M., Mustafayev, E., & Mehdiyeva, G. (2020). Assessment of solar energy potential and its ecological and economic efficiency: The case of Azerbaijan. *Sustainability*, 12(3), 1116.
15. Guliyev, F. (2023). Renewable energy targets and policies in traditional oil-producing countries: A comparison of Azerbaijan and Kazakhstan. *Journal of Eurasian Studies*, 15(1), 110-124.
16. Hamidova, L., Huseynov, A., & Samadova, E. (2022). Challenges in the implementation of renewable energy sources in Azerbaijan. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12(6), 441-446.
17. Huseynli, B. (2023). Renewable solar energy potential and strategy in Azerbaijan. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 13(1), 31-38.
18. Nuriyev, M., Mammadov, C., & Mammadov, C. (2019). Analysis and assessment of risks of renewable energy development: The case of Azerbaijan. *European Journal of Economics and Business Studies*, 5(3), 11-19.

19. Baxsh, A., Zhang, W., Kishwar, A., & Oláh, J. (2024). Strategies towards a sustainable energy transition: Environmental management, economic complexity and geopolitics implications. *Energy Strategy Reviews*, 52, 101330.
20. Chipangamate, N., & Nwaila, G. (2024). Assessing challenges and strategies for managing energy transitions in emerging markets: A socio-technological systems perspective. *Energy Geoscience*, 5(2), 100257.
21. Mammadova, G., & Akbarova, S. (2024). Building certification methods applied in Azerbaijan. *Urbanism. Architecture. Construction*. 15(3), 281-294.

*Məqaləyə istinad: Əkbərova S.M., Əkbərli R.S. (2025). Bərpa olunan enerjiyə keçid strategiyası. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzMIU, 1, 181-187*

*For citation: Akbarova S.M., Akbarli R.S. (2025). Renewable energy transition strategy. Scientific Works, AzUAC, 1, 181-187*

Redaksiyaya daxil olma/Received 10.11.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 10.02.2025

## **ВЛИЯНИЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ НА РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИКИ АЗЕРБАЙДЖАНА**

**Мамедова Афет Мамедгусейн** - к.э.н., доцент, кафедра «Экономическая теория и маркетинг», АзАСУ, [afat.mammadova@azmiu.edu.az](mailto:afat.mammadova@azmiu.edu.az)

**Аннотация.** В статье исследуются вопросы долгосрочной перспективы строительства, повышение экономического потенциала страны; создание основных фондов производственного и непроизводственного назначения; рост денежных доходов и привлечению дополнительных инвестиций, реализации масштабных проектов строительства и реконструкции; внедрению высоких технологий в производство и переработку, строительство «умных» городов и сел и т.д. в Карабахском регионе.

**Ключевые слова:** строительство жилья, экономика, достижение устойчивого развития, льготное жилье, инвестиции, инновации, умный «город», «село», «деревня».

## **THE INFLUENCE OF THE CONSTRUCTION INDUSTRY ON THE ECONOMIC DEVELOPMENT OF AZERBAIJAN**

**Mammadova Afet Mammadhuseyn** - PhD in economics, ass.prof., department of Economic Theory and Marketing, AzMIU, [afat.mammadova@azmiu.edu.az](mailto:afat.mammadova@azmiu.edu.az)

**Abstract.** In the article, the questions of the long-term perspective of construction, increasing the country's economic potential are explored; creation of basic funds for production and non-production purposes; the growth of monetary income and the attraction of additional investments, implementation of large-scale construction and reconstruction projects; introduction of high technologies in production and processing, construction of "smart" cities and villages, etc. in the Karabakh region.

**Keywords:** building housing, economy, achieving sustainable development, preferential housing, investments, innovations, smart "city", "village"

**Введение.** Сегодня Азербайджан известен как пространство и остров стабильности в мировом масштабе, и это – наше большое достижение. Строительный сектор – одна из основных сфер, влияющих на социальное и экономическое состояние страны. Поступательная динамика строительства – один из очевидных признаков растущего благосостояния населения. В контексте Азербайджана строительный сектор играет важную роль в диверсификации экономики, привлечении инвестиций и реализации стратегических проектов. Основная цель — достижение устойчивого развития, т.е. это долгосрочная перспектива; способность создать цепочку поставок, которая может длиться и это сводится к последовательному задействованию всех трех столпов устойчивости: социальной, экологической и экономической.

Строительство непосредственно участвует в ускорении научно-технического развития в экономическом и социальном секторах, усовершенствовании отраслевого и регионального пропорций развития, повышении экономического потенциала страны и обороноспособности. Его деятельность состоит из создания основных фондов производственного и непроизводственного назначения для промышленного, сельскохозяйственного и других экономических и социальных секторов, восстановления недвижимого имущества, осуществления основательных и текущих ремонтных работ. Жилищно-строительный комплекс Азербайджана относится к числу ключевых сфер экономики республики, который расположен на стыке социальной и производственной сфер и, так или иначе, затрагивает интересы всех слоев населения республики.

Необходимо отметить, что опережающее строительство жилья потянуло за собой многократную капитализацию накоплений населения, способствовало росту денежных доходов и инвестиций.

**Анализ как метод исследования:** Строительная отрасль Азербайджана является стратегически важным элементом экономики, способствующим созданию современной инфраструктуры, повышению занятости и привлечению инвестиций. Устойчивое развитие этого сектора требует комплексного подхода, включающего внедрение инноваций, повышение квалификации кадров и соблюдение экологических стандартов. С учетом текущих вызовов и перспектив строительная отрасль продолжит оставаться драйвером экономического роста и благосостояния страны.

Строительная отрасль страны занимает *третье место* по объему занятости, так как строительный сектор является одним из крупнейших работодателей в Азербайджане. Он обеспечивает занятость для различных категорий работников — от неквалифицированных специалистов до инженеров и архитекторов. А также *четвертое место* среди сфер деятельности субъектов малого и среднего бизнеса (МСБ), за последние пару десятилетий в эту отрасль привлечено 18 млрд манат инвестиций. Строительный сектор занимает *третье место* по объему добавленной стоимости, создаваемой субъектами МСБ в Азербайджане. Согласно же показателям 2022 года, около 15 тысяч субъектов малого и среднего бизнеса осуществляли деятельность в строительстве.

В данной сфере есть и немало субъективных факторов, мешающих развитию жилищного строительства, привлечению сюда дополнительных инвестиций. Субъектам МСБ, действующим в строительном секторе, мешают и достаточно сложные правила использования сырья в строительных целях. А если принять во внимание то, что именно строительный сектор способствует развитию других отраслей, а потому механизмы использования сырьевых ресурсов необходимо оптимизировать.

Вместе с тем в доступе стройкомпаний к льготному финансированию постепенно намечается прогресс. В настоящее время Ассоциация производителей в сфере строительства Азербайджана (ATIA) усилила сотрудничество с Ассоциацией банков страны (АБА) по вопросу кредитования строительного сектора. В силу огромного масштаба деятельности в строительной сфере периодически возникают определенные проблемы, в том числе из-за множества типов договоров, заключаемых между участниками отрасли. Использование различных по форме, в том числе и неполных договоров нередко вызывает недовольство, жалобы и споры участников стройсектора, поэтому необходимо унифицировать подобную документацию и всем субъектам стройрынка применять единую форму договоров.

Вместе с тем многое в данной сфере изменилось в лучшую сторону с принятием закона «О государственном реестре недвижимости»: только в 2022 году в Азербайджане были подтверждены права собственности на 49 тыс. домов и 94 тыс. квартир в многоэтажных домах.

Значимым шагом, способствовавшим подключению к коммунальным сетям и вводу в эксплуатацию сотен многоэтажных зданий, стал указ президента Азербайджана Ильхама Алиева «Об упрощении выдачи разрешения на эксплуатацию некоторых многоквартирных зданий» от 19 февраля 2019 года. А 14 июня 2023 года глава государства подписал указ «О дополнительных мерах в связи с разрешением на эксплуатацию некоторых объектов строительства нежилого назначения». Его цель — обеспечить безопасную эксплуатацию нежилых зданий, объектов, построенных в свое время без законных оснований, а также на предотвращение в дальнейшем появления таких строений; повысить ликвидность строительного сектора, а также организовать процесс признания прав предпринимателей на имущество. Согласно последнему документу предусматривается выдача в упрощенном порядке разрешений на эксплуатацию нежилых зданий, строительно-монтажные работы в которых, в том числе строительство всех этажей, боковых стен и кровли, завершены до 1 июня 2023 года, а результаты проверок на устойчивость и прочность оказались положительными. В Указе предусмотрены меры по привлечению к уголовной ответственности должностных лиц, допустивших строительство объектов без соблюдения разрешительных требований.

А с января 2024 года в целях повышения эффективности и прозрачности деятельности физические и юридические лица могут получать разрешения на строительство или эксплуатацию построенных объектов посредством электронного строительного **портала** <https://e-tikinti.gov>, согласно Закону Азербайджанской Республики «О лицензиях и разрешениях». В направлении расширения радиуса охвата электронной системы, работающей по принципу «единого окна», нацеленной на сведение к минимуму участия чиновников в процессе получения разрешений, предотвращение дополнительных потерь времени и повышение качества обслуживания и обеспечения прозрачности. С этой целью включены в электронный портал новые виды услуг [1].

Это упростит и ускорит работу строительного сектора, снизив до минимума злоупотребления и бюрократические проволочки. В то же время указ главы государства заметно расширит государственный контроль над сферой строительства, а в дальнейшем поможет выявлению незаконных построек (возведенных после 1 июня 2023 года). Это лишит возможности подключения к инженерно-коммуникационным системам самовольно построенных объектов, а также их коммерческой эксплуатации, что фактически сделает такие объекты полностью непригодными для использования [2]. С принятием этого документа, по предварительным оценкам, более 40 тыс. незарегистрированных объектов смогут получить выписку (купчую) в упрощенном порядке, что подчеркивает важность подписанного документа. Это поспособствует упрощению данных процедур.

Кроме того, согласно очередному изменению в законодательство в данной сфере, главами местных органов исполнительной власти будут назначаться лица, ответственные за осуществление государственного градостроительного надзора на местном уровне и предупреждение незаконного строительства.

Целью является повышение ответственности местных органов исполнительной власти в рамках государственного градостроительного контроля, конкретизация полномочий лиц, которые должны выявлять незаконные постройки, так как контроль в этой сфере будет усилен.

**Синтез исследования.** Следует отметить, что наряду с динамичным развитием строительного сектора, в ряде случаев наблюдается несоблюдение участниками строительной деятельности требований и правил в этой сфере, и новый указ главы государства приведет к предотвращению нарушений.

Несмотря на то, что динамичное развитие строительного сектора в нашей стране в последние годы способствует росту процветания населения, к сожалению, наряду с этим, в ряде случаев наблюдаются отклонения от установленных требований и правил в области градостроительства и строительства участниками этой сферы, в результате чего становится затруднительным привлечение некоторых объектов строительства к инспекционному контролю, проверкам, связанным с определением качества строительных работ, а также возникают проблемы с признанием прав на имущество. В этом случае, если в законе есть какие-либо пробелы, данный процесс приводит к серьезным спорам между сторонами и другим нежелательным случаям, и поэтому возникла необходимость в дополнительных мерах в этой сфере.

В перспективе предстоит приложить больше усилий и для решения распространенной проблемы – продажи одной и той же квартиры сразу нескольким покупателям: по некоторым данным, число лиц, ставших жертвами таких криминальных схем, с каждым годом стало увеличиваться. Для обеспечения юридических гарантий граждан можно перенять зарубежный опыт создания реестров для проверки регистрационной базы документов и имущества.

В соответствии с новыми изменениями, увеличиваются санкции в отношении заказчиков объектов строительства, для возведения которых требуется разрешение, однако построенных без разрешения, а также устанавливаются административная ответственность и санкции в связи с самовольно возведенными объектами строительства, в отношении которых применяется уведомительное производство. В конечном итоге это приведет к тому, что убытки лиц, занимающихся незаконной деятельностью в строительном секторе, окажутся больше прибыли, что позволит в итоге выправить ситуацию с нежелательными явлениями в этой

сфере. Согласно утвержденным правилам, к объектам, в которых обеспечены соответствие правилам такие параметры, как надежность несущих конструкций, то есть прочность и сейсмостойкость, а также пожарная безопасность, обеспечена готовность лифтов и систем инженерно-коммуникационного обеспечения к эксплуатации, и расположенным на земельном участке за пределами охранных зон, на который оформлено право собственника (заказчика) или право аренды, будет применяться упрощенный режим выдачи разрешений [2].

Строительство является связующим звеном для совершенствования других отраслей экономики. Задачи современного развития требуют новых технологий и модернизации градостроения: внедрение цифровых технологий, таких как BIM (Building Information Modeling), для повышения эффективности и снижения затрат, использование экологичных материалов и технологий.

В жилищной сфере очевидно, что значительной точкой роста станет крупнейшая городская агломерация страны – Баку. В настоящий момент завершена работа по согласованию проекта Генерального плана Баку на 2020-2040 годы, продолжились работы по подготовке генпланов городов Гянджа, Геранбой, Гадабей, Астара, Делимамедли, Говлар, Гейтепе. (3) Генеральный план города Баку основан на 4 приоритетных задачах: устойчивое городское развитие, восстановление города и окружающей среды, забота об архитектурном облике и историческом наследии, новый контент [4]. Генеральный план охватывает всю административную территорию столицы, занимая площадь 212,3 тыс. га, и определяет ключевые приоритеты развития города на ближайшие два десятилетия. Он предусматривает создание многоцентрового города для обеспечения мощного и устойчивого развития. Этот подход включает формирование устойчивой городской среды через комплексное использование территорий, охрану культурного и историко-архитектурного наследия, территориальное зонирование, капитальное строительство, развитие транспортной и социальной инфраструктуры, а также инженерных систем [5].

План также уделяет внимание экологической очистке и благоустройству территорий. В рамках Генплана Баку основное внимание будет уделено следующим широкому перечню направлений от развития городского ядра и субцентров до цифровизации городских услуг и поддержке творческих индустрий.

Развитие строительного сектора отражает успехи экономики всей страны. Устойчивое строительство становится важным направлением развития отрасли. Требуется учитывать экологические стандарты и внедрять энергоэффективные технологии.

Возведение целого ряда международных объектов, реализация лучших архитектурных проектов – лишнее доказательство нашего беспрецедентного роста. Инновации — это успешная реализация новой идеи и создание ценности для клиентов и заинтересованных сторон. В сфере строительства и производства строительных материалов в Азербайджане работает множество компаний. Недавно в нашей стране были реализованы масштабные проекты строительства и реконструкции, которые, в свою очередь, могут быть признаны дополнительным стимулом для инвесторов и иностранных компаний.

Возьмем, к примеру, внутренний валовой продукт (ВВП), представляющий собой основной индикатор определения состояния экономики. Этот показатель включает в себя практически все – и общий объем инвестиций как местных, так и зарубежных, и налоговые выплаты, и вложения в основной капитал и в производство, и многое из того, что позволяет отнести его к базовым. И тот факт, что по итогам 11 месяцев 2023 года ВВП в Азербайджане увеличился на 0,8%, на первый взгляд может свидетельствовать о том, что особого роста в экономике не наблюдалось. Но это не так, поскольку, опять же, если отдельно посмотреть на ВВП в не нефтяном секторе, то увидим рост на 3,2%. В абсолютном выражении валовой внутренний продукт Азербайджана, по итогам 2022 года увеличился на 133,8 млрд манат. В структуре ВВП пришлось на 4,8% - строительство, Общая площадь жилья, сданного в эксплуатацию в Азербайджане в январе-июне 2023 года, составила 891,7 тыс. кв. метров, что на 13,4% больше показателя 6 месяцев 2022 года.

По данным статистики, капвложения в жилищное строительство составили 398,8 млн манатов (рост на 0,2%).

Общая площадь жилья, сданного в эксплуатацию в Азербайджане в 2022 году, составила 2 млн 593 тыс. кв. метров, что на 24,8% меньше показателя 2021 года. За 2022 год капвложения в жилищное строительство составили 925,4 млн манат (спад на 5,8%) [6].

Общая площадь жилья, сданного в эксплуатацию в Азербайджане в 2023 году, составила 2 млн 511,2 тыс. кв. метров, что на 10,8% меньше показателя 2022 года. По данным статистики, капвложения в жилищное строительство составили 971,4 млн манат (рост на 1,9%).

Азербайджан в 2023г увеличил производство стройматериалов на 32%, В Азербайджане в 2023 году произведено стройматериалов на сумму 1 млрд 180,3 млн манат (\$694,3 млн по текущему курсу), что на 31,8% больше, чем за 2022 год.

По данным статистики, объем производства цемента составил 3,725 млн тонн (рост на 4,6%), сборных конструкций из бетона - 31,3 тыс. кубометров (спад на 37,5%), асфальта - 159,3 тыс. тонн (спад на 27,3%).

Кроме этого, производство строительного кирпича составило 616,7 тыс. кубометров (спад на 19,1%), строительного стекла - 8,807 млн кв. метров (рост на 12,9%).

Цементного клинкера произведено 3,869 млн. тонн (рост на 36,9%), строительного гипса - 85 тыс. тонн (рост на 98,1%), готовой бетонной смеси - 4,054 млн тонн (спад на 7,6%), строительной извести - 44 тыс. тонн (спад на 5%).

В Азербайджане в 2022 году произведено стройматериалов на сумму 1 млрд 85,7 млн манатов (\$638,8 млн по текущему курсу), что на 12,6% больше, чем за 2021 год [7].

После достаточно долгого периода застоя, в первой половине 2021 года в Азербайджане зафиксирован внушительный рост в производстве строительных материалов. Данный тренд свидетельствует об активизации строительного рынка Азербайджана, поддержанного масштабными инфраструктурными работами в Карабахском регионе, а также проектами по возведению льготного жилья по линии ООО MIDA, ростом экспорта стройматериалов и т.д.

С 2016 года, на основании указа Президента, действует Государственное агентство жилищного строительства при президенте Азербайджана (азерб. MIDA— Mənzil İnşaatı Dövlət Agentliyi), являющееся центральным исполнительным органом, созданным для эффективного использования средств, выделяемых на строительство многоэтажных жилых зданий, и обеспечения граждан с низким и средним уровнем дохода и молодых семей льготным жильем. Агентство также осуществляет государственную политику и регулирование в области городского планирования, дизайна и архитектуры. Основной целью Агентства является организация на земельных участках, переданных в его распоряжение, строительства в современном архитектурном стиле жилых зданий и других строительных объектов, отвечающих экологическим требованиям и требованиям энергоэффективности для создания гражданам Азербайджанской Республики условий к приобретению квартир на льготных условиях (жилищного обеспечения по приемлемым ценам), а также участие и координация

деятельности по осуществлению политики в области территориального планирования, проектирования и архитектуры на данных земельных участках [8].

Строительный сектор Азербайджана испытывает значительное влияние от масштабных проектов по возрождению Карабахского и Восточно-Зангезурского экономических районов. Эти проекты направлены на восстановление инфраструктуры, создание новых производств и улучшение жизненных условий населения. В рамках проектов восстановления также акцентируется внимание на энергетической инфраструктуре. В Карабахе уже построены гидроэлектростанции общей мощностью 270 МВт, и в ближайшие годы планируется увеличить эту мощность до 500 МВт [9]. Развитие энергетики требует значительных объемов строительных работ, что дополнительно стимулирует сектор.

Реализация проектов в рамках восстановления Карабаха демонстрирует стратегическую важность строительной отрасли для экономического и социального восстановления регионов. В рамках "Первой государственной программы по великому возвращению на освобожденные территории Азербайджана", рассчитанной на 2021-2023 годы, были проведены значительные восстановительные и строительные работы на площади в 10 тысяч квадратных километров с бюджетными ассигнованиями в размере 7 миллиардов долларов. На восстановление и строительство в этих регионах в 2024 году будет выделено не менее 2,4 миллиарда долларов из государственного бюджета [10]. Эти инвестиции будут направлены как на строительство жилых и административных зданий, так и на развитие инфраструктуры, что создает дополнительные возможности для строительных компаний. Правительство ввело льготы, включая освобождение от налога на добавленную стоимость импортируемого оборудования и материалов для предприятий, работающих на этих территориях, а также освобождение от налогов на прибыль, подоходный налог, землю и имущество.

С начала возрождения региона после Второй Карабахской войны было построено около 3 тысяч километров автомобильных дорог, проложено 45 тоннелей общей длиной 70 километров и запланировано возведение 450 мостов. Эти масштабные работы создают спрос на строительные материалы и услуги, что способствует росту местного строительного сектора [11].

Восстановление Карабаха и прилегающих территорий создает новые возможности для строительного сектора. Вовлечение частного сектора в строительство домов и создание предприятий на освобожденных территориях будет происходить постепенно. В эти районы было переселено около 6-7 тысяч человек, цель состоит в том, чтобы увеличить это число до 140 тысяч в течение года. Частный сектор уже занимается текущим строительством домов.

Предприниматели обладают рядом преимуществ в Карабахе и Восточном Зангезуре, такие как налоговые льготы и скидки на таможенные пошлины, создание свободной производственной зоны как минимум на 5-7 лет. По мере переезда на освобожденные территории, предпринимательская активность, особенно в таких сферах, как общественное питание и услуги, непосредственно связанных с населением, будет возрастать.

Однако, имеют место препятствия, в частности наличие наземных мин. По словам президента И.Алиева о том, что для полной очистки территорий потребуется 25 лет и 30 миллиардов долларов, и он призвал чиновников быть более благосклонными, лояльными и внимательными к предпринимателям.

В феврале 2021 года президент Ильхам Алиев подписал указ о разработке концепций «умный город» и «умное село». Согласно указу президента, рабочая группа по созданию концепции уже приступила к реализации проекта. В документе подчеркивается, что, использование современных телекоммуникаций, сенсоров, «Больших данных» (Big Data) и других цифровых технологий и технологий искусственного интеллекта, а также инноваций и знаний повышает продуктивность социально-экономических отношений и создает новые возможности для получения доходов в общей стоимостной цепочке экономического производства. На организованной в Баку 21 ноября 2022 года международной конференции на тему «Умные села: инновационный подход к развитию сельской местности», согласно

соответствующему распоряжению президента Ильхама Алиева, был подготовлен первоначальный вариант концепции, основанный на опыте Сингапура и Дубая [12].

Концепция, разработанная на основе указа президента Азербайджана, станет важным документом, который заложит основу для технологического перехода к «умным городам» и «умным деревням». Кроме того, будут созданы условия по выходу сельского населения к государственным услугам. Концепция «умное село» – это целостный подход к цифровой трансформации сельских районов, который будет способствовать их развитию и поможет сократить миграцию из сельских районов в города. В большинстве сельских населенных пунктов необходимо обратить внимание на решение следующих вопросов – это обеспечение рационального энергоснабжения; установление качественного интернета; доступ к цифровому контенту; повышение грамотности населения [13].

В третьей декаде июля 2023 года состоялся первый этап массового переселения бывших вынужденных переселенцев, в возведенный с нуля населенный пункт Агалы, строительство которого велось последний год с лишним на основании концепции «Умное село». Это переселение стало первым пунктом проекта Великого возвращения на освобожденные в ходе второй Карабахской войны территории Азербайджана. Проект осуществляется в основном по пяти направлениям: жилищному сектору, производству, социальным услугам, «умному сельскому хозяйству» и альтернативной энергии. В первую очередь планируется строительство 200 индивидуальных домов с использованием инновационных стройматериалов. Инженерные коммуникации, отопительные системы также будут созданы по «умным» технологиям. Оптимизм внушает и то, что Государственное агентство жилищного строительства Азербайджана активно изучает международный опыт и глобальные тенденции — наработки Турции, России, Германии, Сингапура, Бразилии, Мексики и других стран. Многие развитые страны мира имеют большой опыт в деле обеспечения растущих потребностей населения в улучшении жилищных и коммунальных условий и в области строительства социальных квартир. При организации работы, будет отдаваться предпочтение опыту Германии, Сингапуру, Турции, России и другим странам. Специалистов особенно интересуют применение современных стандартов в области жилищного строительства, а также механизмы финансирования льготного жилья [14].

**Вывод.** Работа строительного комплекса за последние годы характеризуется ростом инвестиционной активности, что повлекло за собой значительное увеличение объемов производства, проектных и строительно-монтажных работ, загрузку мощностей большинства строительных организаций и предприятий промышленности строительных материалов в основном на объектах жилищного и социального строительства. Особый патронаж государства здесь необходим как инициация преодоления административных и технологических барьеров.

## Литература

1. Media.az. (n.d.). Stroitel'stvo v Azerbaidzhane: chto nuzhno znat' o zakonakh i elektronnykh uslugakh. <https://media.az/society/stroitelstvo-v-azerbajdzhan-cto-nuzhno-znat-o-zakonah-i-elektronnyh-uslugah>
2. Infoline. (n.d.). Stroitel'naya otrasl' SNG: analiticheskiy obzor. <https://infoline.spb.ru/upload/iblock/c8c/c8c9e292c6ac7cb1c2e133e97be0a85e.pdf>
3. Techart. (2023). CIS construction industry overview 2023. [https://techart.ru/download/insights/0016/8451/add\\_files/cis-construction-overview-techart-1701673196.pdf](https://techart.ru/download/insights/0016/8451/add_files/cis-construction-overview-techart-1701673196.pdf)
4. State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan. (n.d.). Construction statistics. <https://www.stat.gov.az/source/construction/az/3.23.xls>
5. State Committee for Urban Planning and Architecture of the Republic of Azerbaijan. (n.d.). General plan of Baku city. <https://arxkom.gov.az/ru/bakinin-bas-plani>
6. Interfax.az. (2024, February 5). V Azerbaidzhane rastet ob'yem stroitel'nykh rabot. <https://interfax.az/view/906065>

- 7.ABC.AZ. (2024, January 18). V 2023 godu v Azerbaidzhane uvelichilos' proizvodstvo stroimaterialov. <https://abc.az/ru/news/138173/v-2023-godu-v-azerbaidzhane-uvelicilos-proizvodstvo-stroimaterialov>
- 8.President.az. (2016, December 28). İlham Əliyev: Azərbaycanca aparılan infrastruktur layihələri dünya səviyyəsində nümunə sayıla bilər. <https://president.az/az/articles/view/21717>
- 9.Bakı İşçi qəzeti. (2024, June). Azərbaycanın tikinti sektorunun inkişafı. <http://www.anl.az/down/meqale/bakrabochiy/2024/iyun/898834.htm>
10. Haqqin.az. (2024, May 3). Azərbaycan sürətlə Qarabağda tikinti işlərini davam etdirir. <https://haqqin.az/news/304561>
11. Vesti.az. (2024, January 10). Vozrozhdenie Karabakha: masshtabnye proekty 2020–2024 godov – obzor. <https://vesti.az/politika/vozrozhdenie-karabaxa-mashtabnye-proekty-2020-2024-godov-obzor-526294>
12. Haqqin.az. (2022, December 15). Azerbaydzhanskiy stroitel'nyy sektor na pod'yeme. <https://haqqin.az/news/268964>
13. Məmmədova, A. M. (2022). İspol'zovanie innovatsiy v formate SMART na osvobozhdennykh territoriyakh. Vestnik nauki – Sibirskogo instituta biznesa i informatsionnykh tekhnologiy, (1–2[15]) <https://zenodo.org/records/6368517>
14. Budexport.by. (n.d.). Malyarenko: Stroyrynok Azerbaidzhana razvivaetsya dinamichno. <https://budexport.by/malyarenko-stroy-rynok-azerbaijan>

## References

1. Media.az. (n.d.). Construction in Azerbaijan: What You Need to Know About Laws and Electronic Services. <https://media.az/society/stroitelstvo-v-azerbajdzhane-chto-nuzhno-znat-o-zakonah-i-elektronnyh-uslugah>
2. Infoline. (n.d.). Construction Sector of the CIS: Analytical Review. <https://infoline.spb.ru/upload/iblock/c8c/c8c9e292c6ac7cb1c2e133e97be0a85e.pdf>
3. Techart. (2023). CIS Construction Industry Overview 2023. [https://techart.ru/download/insights/0016/8451/add\\_files/cis-construction-overview-techart-1701673196.pdf](https://techart.ru/download/insights/0016/8451/add_files/cis-construction-overview-techart-1701673196.pdf)
4. State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan. (n.d.). Construction Statistics. <https://www.stat.gov.az/source/construction/az/3.23.xls>
5. State Committee for Urban Planning and Architecture of the Republic of Azerbaijan. (n.d.). General Plan of Baku City. <https://arxkom.gov.az/ru/bakinin-bas-plani>
6. Interfax.az. (2024, February 5). Construction Volume is Growing in Azerbaijan. <https://interfax.az/view/906065>
7. ABC.AZ. (2024, January 18). Production of Construction Materials Increased in Azerbaijan in 2023. <https://abc.az/ru/news/138173/v-2023-godu-v-azerbaidzhane-uvelicilos-proizvodstvo-stroimaterialov>
8. President.az. (2016, December 28). İlham Aliyev: Infrastructure Projects Carried Out in Azerbaijan Can Be Considered a Global Example. <https://president.az/az/articles/view/21717>
9. Baku Worker Newspaper. (2024, June). Development of the Construction Sector in Azerbaijan. <http://www.anl.az/down/meqale/bakrabochiy/2024/iyun/898834.htm>
10. Haqqin.az. (2024, May 3). Azerbaijan Rapidly Continues Construction Works in Karabakh. <https://haqqin.az/news/304561>
11. Vesti.az. (2024, January 10). Revival of Karabakh: Major Projects of 2020–2024 – An Overview. <https://vesti.az/politika/vozrozhdenie-karabaxa-mashtabnye-proekty-2020-2024-godov-obzor-526294>
12. Haqqin.az. (2022, December 15). Azerbaijan's Construction Sector is on the Rise. <https://haqqin.az/news/268964>

13. Mammadova, A. M. (2022). Use of SMART Innovations in Liberated Territories. Bulletin of Science – Siberian Institute of Business and Information Technologies, (1–2[15]). <https://zenodo.org/records/6368517>
14. Budexport.by. (n.d.). Malyarenko: Azerbaijan's Construction Market is Developing Dynamically. <https://budexport.by/malyarenko-stroy-rynok-azerbaijan>

*Məqaləyə istinad: Мамедова, А.М. (2025). Влияние строительной отрасли на развитие экономики Азербайджана. Elmi Əsərlər / Scientific Works, AzMIU, 1, 188–195*

*For citation: Mammadova, A. M. (2025). The influence of the construction industry on the economic development of Azerbaijan. Scientific Works / Elmi Əsərlər, AzUAC, 1, 188-195*

Redaksiyaya daxil olma/Received 10.11.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 10.02.2025

## SƏNAYE TULLANTILARI ƏSASINDA DAYANIQLI MODİFİKASIYA OLUNMUŞ POLİPROPİLEN LİFLİ BETON

**Mədiyeva Gülbazar**– t.e.d., Beynəlxalq Yaşıl Texnologiyalar və İnvestisiya Layihələri Mərkəzi,  
g.mediyeva@igtipc.org

**Haqverdiyeva Tahirə**– t.e.d., professor, Materialşünaslıq kafedrası, Azərbaycan Memarlıq və İnşaat  
Universiteti, t.haghverdiyeva@azmiu.edu.az

**Camalova Xəyalə**– tədqiqatçı, Materialşünaslıq kafedrası, Azərbaycan Memarlıq və İnşaat  
Universiteti, khayala.jamalova@azmiu.edu.az

**Xülasə.** Hazırkı tədqiqat işində sıx dağ süxurlarından və müxtəlif mənşəli sənaye tullantılarından sement sistemlərində mineral əlavələr kimi, həmçinin müxtəlif plastikləşdirici əlavələrlə birlikdə istifadə olunmasının mümkünlüyü öyrənilmişdir. Təcrübələrdə Azərbaycan Respublikasında ətraf mühit üçün potensial ekoloji təhlükə yaradan alüminium oksidi istehsalı tullantıları, təbii kvarts süxuru və çınqıl istehsalından alınan sıx daş tozundan istifadə edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, ultra incə üyüdülmüş bu komponentlər sement sistemlərində mineral əlavələr kimi tətbiq oluna bilər və bu halda sement daşının sıxılmada möhkəmliyi 4–10% artır. Müəyyən edilmişdir ki, bu incə üyüdülmüş əlavələrin S520 markalı superplastifikator və HP777 markalı hiperplastifikator ilə birlikdə istifadəsi nəticəsində ağır betonun sıxılmada möhkəmliyi 15,5% artmışdır. Belə kompleks əlavələrin polipropilen lifli betonlara təsiri öyrənilmiş və nəticədə alınan lifli betonun möhkəmliyinin 18–40% artdığı müəyyən edilmişdir. Alınmış lifli betonların sıxılmada möhkəmliyi 48,35–58,92 MPa, orta sıxlığı isə 2400–2467 kq/m<sup>3</sup> intervalında olmuşdur. Bununla yanaşı, digər əsas istismar göstəriciləri– zərbəyə davamlılıq (12,72%), dinamik dayanıqlıq (4,16%), əyilmədə möhkəmlik (3,03%), əyilmədə dartılma möhkəmliyi (9,09%), sürtünmə müqaviməti (4%) və suya davamlılıq (9,63%) adi polipropilen lifli betonla müqayisədə daha yüksək olmuşdur. Belə betonların maya dəyərinin adi polipropilen lifli betondan 2,23 AZN daha ucuz olduğu müəyyən edilmişdir.

Aparılmış elmi-tədqiqat işləri nəticəsində texniki-iqtisadi, ekoloji və ətraf mühit baxımından səmərəli modifikasiya olunmuş polipropilen lifli beton əldə edilmişdir.

**Açar sözlər:** lifli beton, ekologiya, dayanıqlı inkişaf, sənaye tullantıları, sement istehsalı, iqtisadi səmərəlilik, effektivlik, məhsuldarlıq, ətraf mühit, qənaət

## SUSTAINABLE MODIFIED POLYPROPYLENE FIBER CONCRETE BASED ON INDUSTRIAL WASTE

**Mediyeva Gulbazar** – Doctor of tech.sc., International Green Technologies and Investment Projects  
Center, g.mediyeva@igtipc.org

**Hagverdiyeva Tahira**-PhD in tech.sc., professor, department of Building Materials and Products  
Technology, Azerbaijan University of Architecture and Construction, t.haghverdiyeva@azmiu.edu.az

**Jamalova Khayala**–researcher, department of Building Materials and Products Technology,  
Azerbaijan University of Architecture and Construction, khayala.jamalova@azmiu.edu.az

**Abstract.** In the current research, the feasibility of using dense mountain rocks and industrial waste of various origins as mineral additives in cement systems, as well as in combination with various plasticizing additives, was studied. In the experiments, fine powdery aluminum oxide production waste, natural quartz rock and dense stone dust from crushed stone production, which pose a potential ecological threat to the environment in the Republic of Azerbaijan, were used and it was determined that these ultrafinely ground components can be applied as mineral additives in cement systems, and in this case, the compressive strength of cement stone increases by 4-10%. It was determined that by using these finely ground additives in combination with S520 brand superplasticizer and HP777 brand hyperplasticizer, the compressive strength of heavy concrete increased by 15.5%. The effect of such

complex additives on polypropylene fiber fiber concretes was studied and it was determined that the strength of the resulting fiber concrete increased by 18-40%. The compressive strength of the obtained fiber concretes was determined to be 48.35-58.92 MPa, the average density was within the range of 2400-2467 kg/m<sup>3</sup>, and at the same time, other main operational indicators (impact resistance (12.72%), dynamic stability (4.16%), bending strength (3.03%), bending tensile strength (9.09%), friction (4%) and water resistance (9.63%)) were higher than those of ordinary polypropylene fiber fiber concrete. The cost of such concretes was determined to be 2.23 AZN cheaper than polypropylene fiber concrete. As a result of the conducted scientific research work, a modified polypropylene fiber concrete with technical and economic environmental and ecological effectiveness was obtained.

**Keywords:** fiber concrete, ecology, sustainable development, industrial waste, cement production, economic efficiency, effectiveness, productivity, environment, savings

**Introduction.** In the modern era of developing techniques and technologies, the organization of the production of various materials with the application of environmentally friendly, economically efficient, and environmentally friendly raw materials and materials, as well as low-labor-intensive advanced technologies, is one of the important issues facing all industries. This issue is particularly relevant in the context of sustainable development, which involves the rational use of natural resources to reduce environmental impacts and improve the efficiency of cleaner industrial production. Considering that the growing population in all parts of the world requires the expansion of new workplaces, residential areas, recreational facilities, and other construction areas. At the same time, the increasing scale of the construction industry is accompanied by an increase in the consumption of mineral resources and energy, which focuses the attention of researchers on issues of resource conservation and environmental sustainability of building materials. Then we can see that the construction sector is developing rapidly in the world. Currently, concrete and reinforced concrete products and structures made on the basis of concrete mixtures for various purposes are being used in construction. In modern times, in addition to residential and catering buildings, as well as small facilities, the demand for the construction of buildings and structures that require higher responsibility and have architecturally magnificent, unique and individual features has increased significantly. This increases the scale of responsibility of scientists and researchers working in the field of materials science, manufacturing enterprises, as well as engineers participating in the design and implementation process. From this point of view, in recent years, the demand for special-purpose, specific-property concrete mixtures and reinforced concrete products produced on their basis has increased. Considering that the main component that increases the cost of reinforced concrete products is reinforcement and reinforcement products, it is not possible to use large-diameter and high-strength reinforcement products in thinner and bending-requiring structures, or it is necessary to use smaller-diameter and densely placed reinforcement products (nets). This leads to a significant increase in the cost of buildings and structures. Therefore, scientific research shows that the use of various types of fibers in the production of thinner and durable products and structures with special properties gives more effective results. It should also be noted that an additional advantage of using fiber is the ability to partially reduce the material consumption of structures and increase their durability, which meets modern requirements for sustainable construction. Such types of concrete are concretes reinforced with metal, polypropylene, basalt, glass, carbon and other fibers. The application of this type of fiber concrete is expanding today [1-3].

It is known that the discovery and practical application of fiber concrete has a history of more than a century. Thus, the idea of the possibility of producing fiber concrete was put forward by the Russian scientist V.P. Nekrasov in 1909. Therefore, it is V.P. Nekrasov who is considered the author of the production of fiber concrete. However, the large-scale study and application of fiber concrete began in the 60s of the 20th century. Thus, fiber concrete has been studied by researchers from the USA, Great Britain, Canada and other countries. Currently, fiber concrete reinforced with various types of fibers is considered a new generation of high-quality concrete. In modern times, by reinforcing concrete and construction mortars with various fibers, it is possible to improve their physical, mechanical and operational characteristics and increase their durability. Thus, increasing the service life of structures

and reducing the need for their repair and replacement of parts are also considered important factors for the sustainable development of the construction industry. Fiber concrete is considered one of the most promising materials of the 21st century. One of the reasons for such promising and widespread application of fiber concrete is the possibility of applying new fibers in its production and the possibility of applying complex additives for various purposes [4].

**Literature review and problem statement.** This research aims to develop a sustainable artificial stone material from limestone dust waste through optimization of granulometric composition, binder ratio, and use of hyperplasticizers [5]. Such research is considered an important area of sustainable development of building materials, as it is aimed at utilizing industrial waste and reducing the resource intensity of cement production. The possibility of producing fiber-reinforced concrete with high deformation properties by regulating the microstructure and using it in the design of transport structures was considered. It was found that to create high-performance transport structures, it is necessary to modify fiber mixtures with complex additives, i.e., increase the strength of fiber-reinforced concrete at the micro-level. To obtain a denser structure of the concrete matrix, complex additives were used—ultrafine additive (silica fume) and Master Air 200 B air-entraining additive. It was experimentally proved that using such additives reduces the water-cement ratio and further strengthens the concrete matrix structure [6].

This article discusses the development of modified fiber-reinforced concrete formulations using finely ground mineral additives containing  $\text{SiO}_2$  and hyperplasticizers. A comparative analysis of the properties of conventional concrete and its modifications is provided [7].

It should be noted that the use of mineral additives, partially replacing cement, is of particular importance in the context of high volumes of global cement production, accompanied by significant energy costs and greenhouse gas emissions. In the presented paper, concrete resistance to friction was studied. B25 class heavy concrete was selected as an experimental object. Polypropylene and metal fibers were used to increase friction resistance of the selected concrete. The test was carried out on the LKI-3M friction device in accordance with the requirements of ГОСТ 13087. Based on the test results, it was found that the resistance of the polypropylene fiber concrete to the anti-friction resistance of 0.28  $\text{g/cm}^2$ , whereas in the case of metal fiber concrete, this indicator was 0.30  $\text{g/cm}^2$ . Test results were compared with 112.5% of polypropylene fiber concrete, and 6.25% higher resistance to concrete fibrous concrete compared to B25 grade concrete samples. Based on the results of the experiment, it is possible to say that the application of fiber concrete in the construction of road surfaces is more effective [8].

The crack resistance of fiber-reinforced concrete with and without additives was determined. Based on the test results, it was found that crack resistance was higher for concrete samples containing polypropylene and metal fibers than for standard concrete.

Fiber-reinforced concrete using microsilica has shown improved performance. The effectiveness of using such concrete in road pavement construction has been established [9].

Improving the crack resistance and durability of concrete pavements is considered an important factor in the sustainable development of transport infrastructure, allowing for a reduction in repair and maintenance costs.

In the presented paper, concrete resistance to friction was studied. B25 class heavy concrete was selected as an experimental subject. Polypropylene and metal fibers were used to increase the friction resistance of the selected concrete [10].

Efficiency in the construction, reconstruction, and repair of transport structures can be achieved by using fiber-reinforced concrete with high deformation properties. This article examines the possibility of using complex additives to optimize the composition of fiber-reinforced concrete with high deformation properties. It was found that the use of chemical and ultrafine additives in fiber-reinforced concrete significantly increases compressive and flexural strength. This is due to the fact that the use of steel fibers allows for uniform reinforcement of the concrete throughout the entire volume, which favorably affects the distribution of stresses in the concrete mass and leads to a reduction in stresses in hazardous areas [11]. Taken together, these approaches meet modern sustainable construction requirements aimed at increasing the operational reliability of structures while rationally using material and energy resources.

**Research materials and methods.** The current study examined the issue of improving the properties of fiber concrete using local raw materials and materials of the Republic of Azerbaijan. The use of local raw materials reduces transportation costs and promotes the rational use of natural and material resources in construction. For this purpose, the research used CEM II/A-L 42.5 R (Expert) cement produced at the Holcim Azerbaijan Cement Plant, sand from the Bahramtepe deposit (Imishli district), and sand and crushed stone from the Gudiyalchay quarry (Guba district). In order to improve the properties of concrete and also save on Portland cement, mineral additives, plasticizers, and polypropylene fibers, which are currently more widely used in the preparation of fiber concrete mixtures, were used. Reducing the consumption of Portland cement by partially replacing it with mineral additives is considered as one of the ways to reduce the resource intensity of concrete compositions.

As a mineral additive, waste generated during the production of aluminum oxide by the Ganja Gil-Torpaq Production Association operating in the Republic of Azerbaijan, as well as quartz sand from the Umbakı deposit located near Baku and dust generated during the crushing of dense mountain rock, S520 brand superplasticizer, HP 777 brand hyperplasticizer, and SikaFiber T-60s brand polypropylene fibers were used as fibers to improve the rheological properties of the mixture. The inclusion of industrial waste in concrete mixtures allows us to consider the resulting compositions to be oriented towards the principles of rational use of secondary resources.

The chemical (by X-ray spectral method) and mineral (X-ray phase method) compositions of the used mineral additives were studied.

Based on the results of the X-ray spectral analysis, it can be said that the chemical composition of the finely ground aluminum oxide production waste is  $\text{SiO}_2$  – 17.44%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 15.60%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 46.79%;  $\text{CaO}$  – 1.67%;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 2.31%;  $\text{MgO}$  – 0.28%;  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 0.18%;  $\text{SO}_3$  – 0.49%;  $\text{K}_2\text{O}$  – 0.39%;  $\text{TiO}_2$  – 3.21%;  $\text{MnO}$  – 0.43%;  $\text{Cl}$  – 0.06%, the amount of volatile components at a temperature of  $950^\circ\text{C}$  is 10.20%, the mineralogical composition is quartz  $\text{SiO}_2$ , magnetite  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , hematite  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  and feldspar.

The composition of the crushed quartz sand mineral additive is  $\text{SiO}_2$  – 97.01%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0.49%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 1.16%;  $\text{CaO}$  – 0.75%;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 0.01%;  $\text{MgO}$  – 0.06%;  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 0.01%;  $\text{SO}_3$  – 0.14%;  $\text{K}_2\text{O}$  – 0.09%;  $\text{TiO}_2$  – 0.03%;  $\text{MnO}$  – 0.01%; It was found that  $\text{Cl}$  – 0.03% and the amount of volatile components at a temperature of  $950^\circ\text{C}$  was 0.16%, the main phase of the mineralogical composition was quartz  $\text{SiO}_2$ , and a small amount was feldspar.

The granular composition of mineral additives was studied by granulometric analysis. Considering that additives are used to reduce cement consumption, the granular composition of cement was analyzed in parallel in the experiments. The test results were compared. The results of granulometric analysis of the samples are given in Table 1 [12].

**Table 1.** Granular composition of mineral additives

| Particle size, $x_0/\mu\text{m}$ | Cumulative distribution, $Q_3/\%$ | Particle size, $x_0/\mu\text{m}$ | Cumulative distribution, $Q_3/\%$ | Particle size, $x_0/\mu\text{m}$ | Cumulative distribution, $Q_3/\%$ |
|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1                                | 2                                 | 3                                | 4                                 | 5                                | 6                                 |
| Waste from the alumina industry  |                                   |                                  |                                   |                                  |                                   |
| 0,90                             | 7,00                              | 5,00                             | 28,86                             | 30,00                            | 52,05                             |
| 1,10                             | 9,82                              | 6,00                             | 30,80                             | 36,00                            | 55,02                             |
| 1,30                             | 12,24                             | 7,50                             | 33,31                             | 43,00                            | 58,26                             |
| 1,50                             | 14,32                             | 9,00                             | 35,45                             | 51,00                            | 61,82                             |
| 1,80                             | 16,94                             | 10,50                            | 37,32                             | 61,00                            | 66,09                             |
| 2,20                             | 19,70                             | 12,50                            | 39,54                             | 73,00                            | 70,86                             |
| 2,60                             | 21,82                             | 15,00                            | 41,96                             | 87,00                            | 75,74                             |
| 3,10                             | 23,87                             | 18,00                            | 44,49                             | 103,00                           | 80,46                             |
| 3,70                             | 25,77                             | 21,00                            | 46,71                             | 123,00                           | 85,78                             |
| 4,30                             | 27,31                             | 25,00                            | 49,28                             | 147,00                           | 92,22                             |

|                     |       |       |       | 175,00                                     | 100,00 |
|---------------------|-------|-------|-------|--------------------------------------------|--------|
|                     |       |       |       | S <sub>m</sub> =4887,33 cm <sup>2</sup> /g |        |
| Natural quartz sand |       |       |       |                                            |        |
| 0,90                | 4,57  | 6,00  | 22,16 | 43,00                                      | 74,45  |
| 1,10                | 6,41  | 7,50  | 25,27 | 51,00                                      | 81,59  |
| 1,30                | 7,98  | 9,00  | 28,33 | 61,00                                      | 89,19  |
| 1,50                | 9,33  | 10,50 | 31,33 | 73,00                                      | 95,58  |
| 1,80                | 11,03 | 12,50 | 35,20 | 87,00                                      | 98,87  |
| 2,20                | 12,85 | 15,00 | 39,78 | 103,00                                     | 99,95  |
| 2,60                | 14,29 | 18,00 | 44,87 | 123,00                                     | 100,00 |
| 3,10                | 15,77 | 21,00 | 49,50 | 147,00                                     | 100,00 |
| 3,70                | 17,25 | 25,00 | 55,01 | 175,00                                     | 100,00 |
| 4,30                | 18,59 | 30,00 | 61,05 | S <sub>m</sub> =4100 cm <sup>2</sup> /g    |        |
| 5,00                | 20,07 | 36,00 | 67,54 |                                            |        |

The parameters of the S520 superplasticizer and HP777 hyperplasticizer used are given in Table 2, and the parameters of the SikaFiber T-60s polypropylene fibers are given in Table 3.

**Table 2.** Main indicators of S520 superplasticizer and HP777 hyperplasticizer

| Plasticizer type and brand | Chemical composition                                                              | Density, $\text{g}/\text{cm}^3$<br>(at 20°C) | pH values |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------|
| Superplasticizer<br>S520   | Aqueous solutions of<br>modified<br>polycarboxylate esters<br>and lignosulfonates | 1.14-1.16                                    | 5.0 – 7.0 |
| Hyperplasticizer<br>HP777  | Polycarboxylate                                                                   | 1.30-1.35                                    | 5.0 – 6.0 |

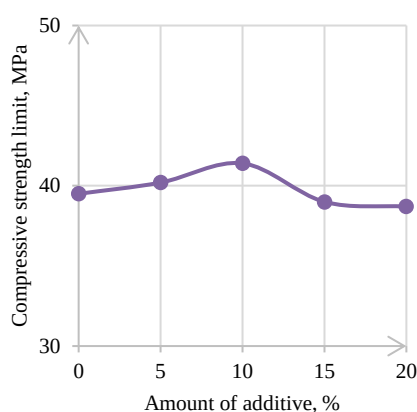
**Table 3.** Characteristics of SikaFiber T-60s polypropylene fiber

|                        |                              |
|------------------------|------------------------------|
| Brand                  | Sika                         |
| Country of manufacture | Swiss                        |
| Color                  | black                        |
| Length                 | 60 mm                        |
| Diameter               | 0.9 mm                       |
| Tensile strength       | >500 MPa                     |
| Density                | 0.91 $\text{kg}/\text{dm}^3$ |
| Adsorption             | none                         |
| Chemical resistance    | high                         |
| Melting temperature    | +280°C                       |
| Resistance to molds    | high                         |
| Modulus of elasticity  | 20 MPa                       |
| Weight                 | 0.90 $\text{g}/\text{cm}^3$  |
| Maximum elongation     | 25%                          |

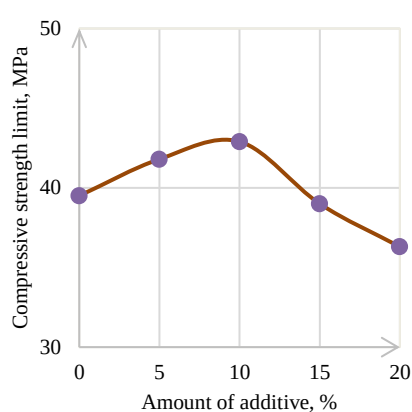
The tests were carried out in accordance with the requirements of the International Standards Documents in force in the Republic of Azerbaijan. The performance of cement was studied in accordance with the technical requirements of the State Standard AZS EN 197.1-2021 [13] according to the test methods and rules EN 196-2-2013 [14].

The properties of the concrete mixture were determined in accordance with the standard EN 206-1:2000 [15]. The compressive strength of concrete was studied according to EN 12390-2 [16], crack resistance tests according to ISO 29167-2021 [17], dynamic stability of concrete, tensile and flexural strength according to ISO 10180-2012 [18], abrasion tests according to ISO 13087-2018 [19], and water resistance according to ISO 12730.5-2018 [20].

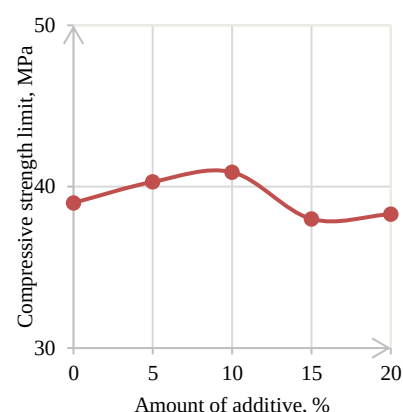
**Work conduct.** The research was carried out in stages. At the initial stage, the possibility of using ultrafine ground alumina production waste, quartz sand and slag stone powder as mineral additives was studied, and their effect on cement-sand systems was determined. The use of these materials was considered not only from the standpoint of improving the properties of cement systems, but also from the point of view of involving secondary resources in construction production. The samples were prepared in standard sizes in the ratio cement: sand = 1:3. The ultrafine ground mineral additives used were used in an amount of 5-20% of the cement consumption, and their effect on the rheological properties and mechanical properties of the cement mortar was studied. The results were analyzed in comparison with samples prepared without additives in parallel. The normal density and setting time of the prepared mortar were determined in the Vika device, and standard 40x40x160 mm bars were prepared from the prepared mixtures. The samples were tested after hardening by the standard method. The test results are given in graphs 1-3.



**Graph 1.** Dependence of cement stone strength on the amount of finely ground alumina production waste



**Graph 2.** Dependence of cement stone strength on the amount of finely ground quartz sand



**Graph 3.** Dependence of cement stone strength on the amount of finely ground dense stone dust

As can be seen from Graph 1-3, when finely ground mineral components (aluminum oxide production waste, quartz sand, dense stone dust) were used in an amount of 10% of the cement consumption, the strength of the tested cement stone increased by 4.87%, 10%, 6.15%, respectively. Thus, partial replacement of Portland cement with mineral additives allows for simultaneous improvement of strength characteristics and reduction of binder consumption. The effect of the additives used on the structure formation process of cement stone was studied (Figure 1).

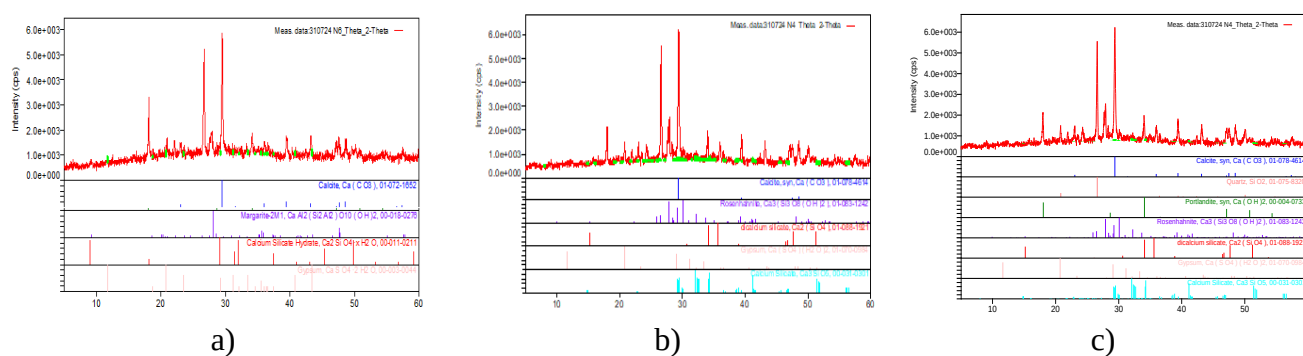


**Figure 1.** Diffractogram of cement stone samples with mineral additives: a) aluminum oxide production waste-based sample; b) quartz sand sample; c) stone waste dust-based sample

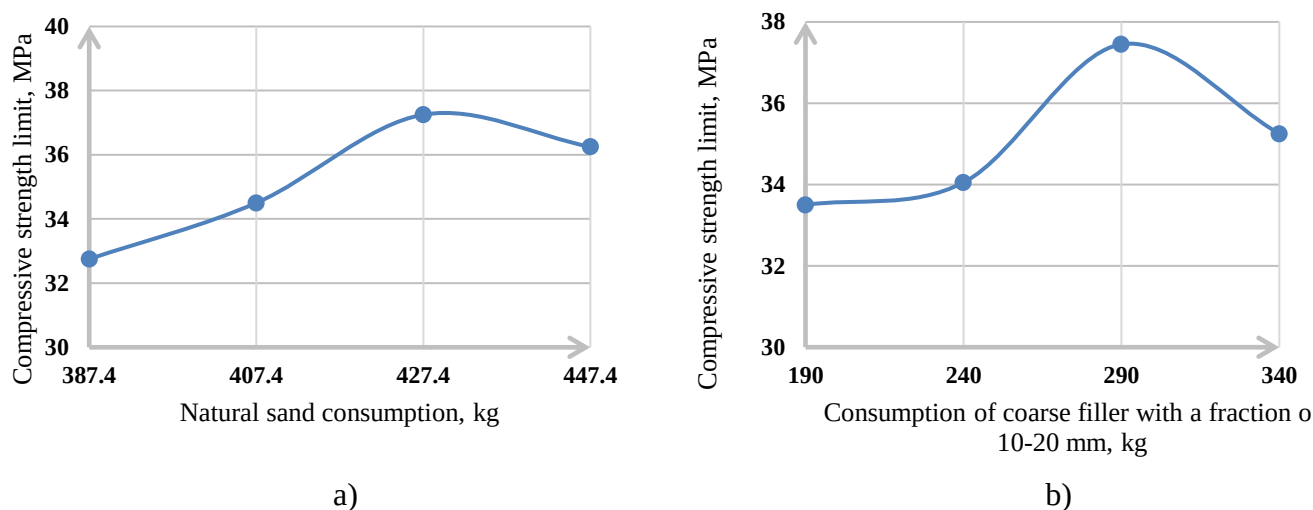
As can be seen from the diffractogram (Figure 1. a), when ultrafine ground alumina production waste was used, the mineralogical composition of the cement stone was  $\alpha$ -quartz  $\text{SiO}_2$ , calcite  $\text{CaCO}_3$ , calcium hydroxide  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaAl}_2(\text{Si}_2\text{Al}_2)\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ , when ultrafine ground quartz sand was used (Figure 1. b), the mineralogical composition of the cement stone was  $\alpha$ -quartz  $\text{SiO}_2$ , calcite  $\text{CaCO}_3$ , calcium hydroxide  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Ca}_3(\text{SiO}_8)(\text{OH})_2$ ,  $\text{Ca}_3\text{SiO}_5$ , belite  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , and in the samples using ultrafine ground dense stone powder (Figure 1. c), the mineralogical composition of the cement stone was  $\alpha$ -quartz  $\text{SiO}_2$ , calcite  $\text{CaCO}_3$ , portlandite  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Ca}_3(\text{SiO}_8)(\text{OH})_2$ , belite  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ ,  $\text{Ca}_3\text{SiO}_5$  minerals form. The main structural, dense and high strength properties of cement systems with hardened mineral additives are formed due to the  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  mineral (table 4).

**Table 4.** Mineralogical composition of mineral additives used, %

| No | Mineral additive name           | $\text{SiO}_2$ ( $\alpha$ -) | $\text{CaCO}_3$ | $\text{Ca}(\text{OH})_2$ | $\text{Ca}_3(\text{SiO}_8)(\text{OH})_2$ | $\text{Ca}_3\text{SiO}_5$ | $\text{Ca}_2\text{SiO}_4 \cdot x0.5\text{H}_2\text{O}$ | $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ (belite) | $\text{Ca}_5(\text{SiO}_4)_2(\text{OH})$ | $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (gypsum) | $\text{CaAl}_2(\text{Si}_2\text{Al}_2)\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ | Magnetite | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | Amorphous |
|----|---------------------------------|------------------------------|-----------------|--------------------------|------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------|-----------|
| 1  | Aluminum oxide production waste | 15                           | 25              | 20                       | -                                        | -                         | -                                                      | -                                  | -                                        | 5                                                  | 25                                                                | -         | -                       | 10        |
| 2  | Quartz sand                     | 13                           | 29              | 17                       | 14                                       | 6                         | -                                                      | 6                                  | -                                        | 4                                                  | -                                                                 | -         | -                       | 11        |
| 3  | Dense stone dust                | 10                           | 14              | 48                       | 6                                        | -                         | 10                                                     | -                                  | 2                                        | 4                                                  | -                                                                 | -         | -                       | 4         |

The second stage was devoted to determining the share of coarse and fine aggregates used in the single system. Since the main part of the concrete composition is made up of fillers (85%), the effect of fine (sand) and coarse aggregates (crushed stone) was studied, taking into account the significant effect of the location and distribution level of fillers in a single volume on the operational characteristics of concrete. Optimization of grain composition was considered as a way to increase the density of the structure and rational use of mineral resources. After studying the relative consumption share of local coarse and fine aggregates in a single volume, fiber concrete mixtures were prepared taking into account this share share. After standard samples were hardened for 28 days, the compressive strength limit was determined by testing them in a UTEST UTC-4320 hydraulic press. In all cases, 3 standard-sized 150x150x150 mm samples were prepared based on concrete mixtures. In the experiments, water, cement and one type of filler were kept constant, the consumption of other fillers was changed by 20 kg and

samples were prepared. The compressive strength limit of the hardened samples (graph 4) was determined [21].

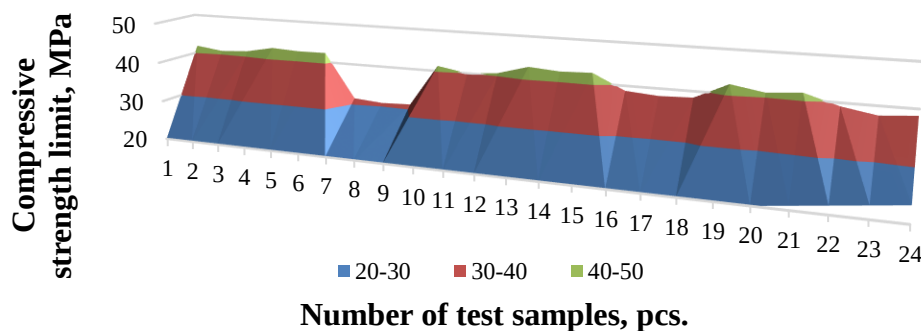


**Graph 4.** a) The effect of natural sand consumption on the compressive strength of heavy concrete; b) The effect of 10-20 mm crushed stone consumption on the compressive strength of heavy concrete

Based on the experimental results (graph 4. a), it was determined that the use of a fine aggregate mixture in the concrete mixture, natural sand: fine sand = 42.65%: 57.35% ratio, is more effective both economically and technologically. According to the obtained results, the compressive strength of concrete increased by 13.74% [21].

It was considered more efficient to prepare a coarse aggregate mixture based on two fractions of crushed stone (5-10 mm) : (10-20 mm) = 74.5%: 25.5%. The test results showed that a denser concrete structure was obtained in this ratio, and therefore, the compressive strength of the obtained concrete was 37.45 MPa (graph 4. b), which increased the compressive strength of the concrete prepared on the basis of the initial mixture by 6.24% [21]. This gives grounds to say that the small filler grains in a single volume at the specified filler ratio fill the gaps between the large fillers more densely, and it is possible to obtain dense structural concrete.

Taking into account the initial experimental results, polypropylene fiber-reinforced concrete and modified fiber-reinforced concrete compositions were developed. The experiments were conducted not by the traditional classical method, but by a more progressive method applied in the science of concrete science - the method of mathematical statistical planning of experiments. In the experiments, the water/cement ratio was kept constant, 3 influencing factors (cement, mineral additives, fiber) were selected and a 23-type experimental plan was developed. The experiments were carried out according to the plan and the test results are given in graphs 5-7. The results obtained in the experiments were analyzed comparatively with the indicators of heavy concrete samples with optimal composition prepared in parallel.

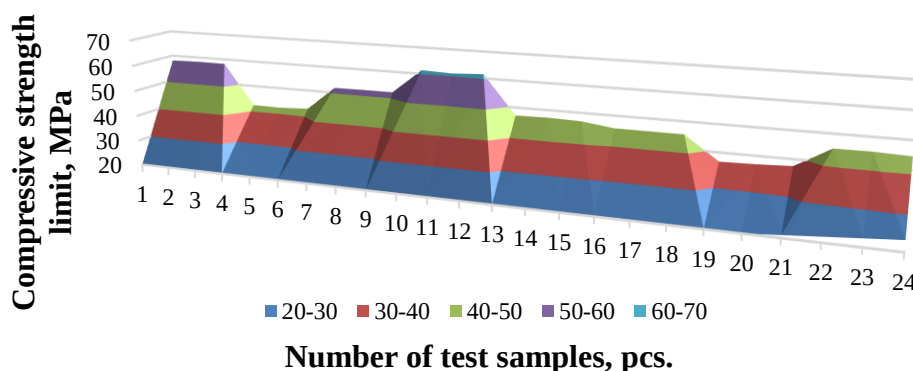


**Graph 5.** Test results of ordinary heavy concrete

The test results of ordinary heavy concrete were statistically analyzed using a computer program, and a mathematical model of the compressive strength parameter, the main indicator of concrete, was constructed taking into account the obtained regression coefficients.

$$R_{str} = 39,73 + 0,39X_1 - 1,23X_2 + 0,53X_3 + 0,85X_1X_2 - 1,7X_1X_3 + \\ + 1,07X_2X_3 - 0,68X_1X_2X_3$$

Taking into account statistical analysis and the influence levels of variable factors, the optimal composition of ordinary heavy concrete was determined by the short rise method, both computationally and experimentally. The compressive strength of the obtained ordinary heavy concrete with the optimal composition was 41.84 MPa.

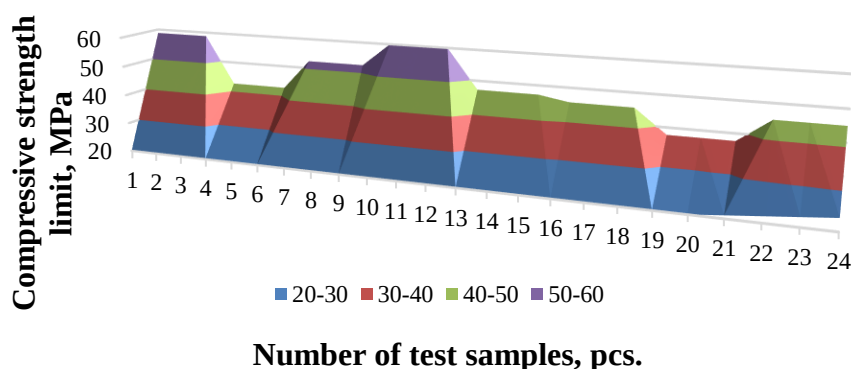


**Graph 6.** Test results of finely ground alumina production waste and polypropylene fiber concrete with HP – 777 hyperplasticizing additive

The test results of ultrafine ground aluminum oxide production waste, polypropylene fiber fiber concrete with complex additives containing HP777 brand hyperplasticizer were statistically analyzed using a computer program, and a mathematical model of the compressive strength parameter, the main indicator of concrete, was constructed taking into account the obtained regression coefficients.

$$R_{a.hp.f.s.}^{28} = 48,49 + 0,306X_2 - 4,91X_3 + 1,57X_1X_3 - 2,92X_2X_3 - 1,98X_1X_2X_3$$

Taking into account the statistical analysis and the influence levels of variable factors, the optimal composition of modified polypropylene fiber fiber concrete with complex additives (hyperplasticizer, finely ground aluminum oxide production waste) was determined computationally and experimentally by the short rise method. The compressive strength of the modified polypropylene fiber fiber concrete with the optimal composition obtained was 48.35 MPa, which increased by 6.51 MPa (15.5%) compared to heavy concrete.



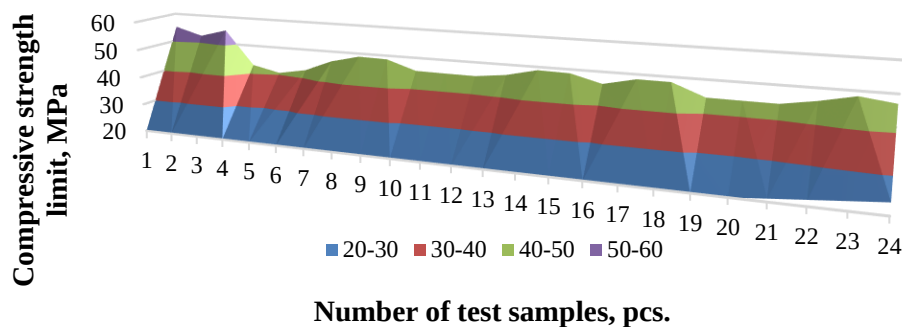
**Graph 7.** Test results of polypropylene fiber concrete containing finely ground quartz sand and a hyperplasticizing additive of the HP – 777 brand

The test results were statistically analyzed using a computer program and a mathematical model (regression equation) of the compressive strength limit parameter of fiber concrete was developed [21].

The optimal composition of the modified polypropylene fiber concrete with complex additives containing HP777 hyperplasticizing ultrafine ground quartz sand was established according to the experimental results (compressive strength limit parameter) carried out in accordance with the levels of the variable factors, taking into account the regression coefficients determined as a result of statistical analysis and the influencing factors.

$$R_{g.hp.f.s.}^{28} = 48,78 - 0,219X_1 + 0,44X_2 - 4,97X_3 + 4,42X_1X_2 + 1,54X_1X_3 - 2,77X_2X_3 - 1,97X_1X_2X_3$$

Taking into account the levels of variable factors, the optimal composition of polypropylene fiber-reinforced concrete with a complex additive of hyperplasticizer, ultrafinely ground quartz sand was developed and it was determined that the compressive strength of the modified fiber-reinforced concrete is 58.92 MPa, which is 17.08 MPa (40.82%) higher than that of conventional heavy concrete.



**Graph 8.** Test results of polypropylene fiber reinforced concrete with finely ground quartz sand and S520 superplasticizer additive

Based on the results of the conducted experimental tests of polypropylene fiber-reinforced concrete with complex additives containing S520 brand superplasticizer, ultrafine ground quartz sand, and a computer program analysis, the mathematical model of the parameter  $R_{g.sp.f.s.}^{28}$  was obtained as follows:

$$R_{g.sp.f.s.}^{28} = 47,05 - 1,55X_1 - 0,87X_2 + 1,61X_1X_2 + 2,18X_1X_3 - 0,77X_1X_2X_3$$

Statistical analysis of the results, calculation of influencing factors, compliance with the influence limit and experimentally verified, determined the compressive strength of the modified polypropylene fiber concrete with an optimal composition (finely ground quartz sand, S520 brand superplasticizer) as 49.70 MPa. This indicator was 7.86 MPa (18.78%) higher than the corresponding indicators of heavy concrete with an optimal composition. Based on the results of the conducted experiment, it can be said that the properties of polypropylene fiber concrete can be improved by using complex additives of various compositions.

The operational characteristics of the modified fiber concrete optimized in terms of composition and properties were studied. Experimentally, the following properties of the proposed modified fiber concrete were determined: Crack resistance (12.72%), dynamic stability (4.16%), bending strength (3.03%), tensile strength during bending (9.09%), friction (4%) and water resistance (9.63%). The obtained results were determined to be higher than those of conventional polypropylene fiber reinforced concrete. Improving operational characteristics helps to increase the service life of structures and reduce repair and maintenance costs. The economic efficiency of modified fiber reinforced concrete, which is more effective in terms of technological and operational aspects, more effective in terms of ecological and environmental protection (waste management) due to the use of raw materials (saving cement, efficient filler consumption per unit volume), and effective in terms of traditional classical concrete, has been studied. Thus, the obtained results demonstrate a combination of technological, economic, and environmental efficiency, which corresponds to modern principles of sustainable development of

building materials. It is known that the economic efficiency of the product depends on many factors. Considering that the largest expense in the construction of buildings and structures, as well as in the production of products, is the cost of materials. For this reason, the economic efficiency of the proposed modified fiber reinforced concrete was determined taking into account the costs incurred on materials. The report on the economic efficiency of modified fiber reinforced concrete was carried out in accordance with wholesale prices in Azerbaijan, taking into account the locality of the materials. The results are given in Table 5.

**Table 5.** Cost and economic efficiency of modified fiber concrete

| Name of raw materials and materials              | Unit of measurement | Consumption per 1 m <sup>3</sup> of fiber concrete mixture | Wholesale price of materials, AZN | Total cost, AZN | Economic efficiency, AZN |
|--------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|--------------------------|
| Polypropylene fiber reinforced concrete          |                     |                                                            |                                   |                 |                          |
| Cement                                           | tone                | 0.375                                                      | 142                               | 53.25           |                          |
| Natural sand                                     | m <sup>3</sup>      | 0.14                                                       | 18                                | 2.52            |                          |
| Alanti sand                                      | m <sup>3</sup>      | 0.19                                                       | 17                                | 3.23            |                          |
| Crushed stone (5-10)                             | m <sup>3</sup>      | 0.59                                                       | 17                                | 11.03           |                          |
| Crushed stone (10-20)                            | m <sup>3</sup>      | 0.22                                                       | 17                                | 3.74            |                          |
| Superplasticizer                                 | kg                  | 10.4                                                       | 1,5                               | 15.6            |                          |
| Polypropylene fiber                              | kg                  | 6.35                                                       | 5.73                              | 36.38           |                          |
| Water                                            | m <sup>3</sup>      | 0.137                                                      | 2                                 | 0.27            |                          |
| Total cost:                                      |                     |                                                            |                                   | 125.02          |                          |
| Modified polypropylene fiber reinforced concrete |                     |                                                            |                                   |                 |                          |
| Cement                                           | tone                | 0.359                                                      | 142                               | 50.9            |                          |
| Natural sand                                     | m <sup>3</sup>      | 0.14                                                       | 18                                | 2.52            |                          |
| Alanti sand                                      | m <sup>3</sup>      | 0.19                                                       | 17                                | 3.23            |                          |
| Crushed stone (5-10)                             | m <sup>3</sup>      | 0.59                                                       | 17                                | 10.03           |                          |
| Crushed stone (10-20)                            | m <sup>3</sup>      | 0.22                                                       | 17                                | 3.74            |                          |
| Mineral additive                                 | m <sup>3</sup>      | 0.01                                                       | 12                                | 0.12            |                          |
| Superplasticizer                                 | kg                  | 10.4                                                       | 1,5                               | 15.6            |                          |
| Polypropylene fiber                              | kg                  | 6.35                                                       | 5.73                              | 36.38           |                          |
| Water                                            | m <sup>3</sup>      | 0.137                                                      | 2                                 | 0.27            |                          |
| Total cost:                                      |                     |                                                            |                                   | 122.79          | 2.23                     |

As can be seen from Table 4, the total cost of materials for 1 m<sup>3</sup> of polypropylene fiber reinforced concrete is 125.02 AZN, while for modified fiber reinforced concrete this cost is 122.79 AZN. The economic efficiency of 1 m<sup>3</sup> of modified fiber reinforced concrete is 2.23 AZN. The economic calculations performed show that the proposed modified fiber reinforced concrete can be considered an economically efficient type of concrete.

**Result.** The possibility of applying finely ground raw materials of various origins (aluminum oxide production waste, quartz sand, dense stone dust) to cement systems has been determined. It has been established that the inclusion of these materials allows for the rational use of secondary resources in the composition of cement compositions. It has been experimentally determined that when these additives of various origins are used in an amount of 10% of the cement consumption, it allows to increase the compressive strength of cement stone by 4.87-10%.

By taking a mixture of fine fillers (natural sand - fine sand consumption) in a ratio of natural sand: fine sand = 42.65% : 57.35% in a unit volume, it was possible to obtain an economically and technologically effective dense-structured concrete with a compressive strength of 13.74%. By effectively selecting a large filler fraction in a unit volume ((5-10 mm) : (10-20 mm) = 74.5% : 25.5%),

an increase in the compressive strength of concrete by 6.24% was achieved. Optimization of the grain composition contributed to the formation of a denser concrete structure and increased efficiency in the use of mineral resources.

The preparation of modified polypropylene fiber-reinforced concrete with a hyperplasticizer HP777 brand, finely ground aluminum-oxide production waste, with a compressive strength of 48.35 MPa, optimized in terms of composition and properties, was determined by calculation and experimental methods. It was determined that the compressive strength of this type of modified fiber-reinforced concrete is 15.5% higher than that of conventional heavy concrete with an optimal composition.

Through calculations and laboratory experiments, a modified polypropylene fiber-reinforced concrete with a hyperplasticizer HP777 brand, finely ground quartz sand, with a compressive strength of 58.92 MPa, optimized in terms of composition and properties, was obtained. It was determined that the compressive strength of this type of modified fiber-reinforced concrete is 40.82% higher than that of conventional heavy concrete with an optimal composition.

Experimentally, a modified polypropylene fiber-reinforced concrete with a compressive strength of 49.70 MPa was obtained with a hyperplasticizer of the S520 brand, finely ground quartz sand, a complex additive optimized in terms of composition and properties. It was determined that the compressive strength of this type of modified fiber-reinforced concrete is 18.78% higher than that of conventional heavy concrete with an optimal composition.

Modified fiber-reinforced concrete with a crack resistance (12.72%), dynamic stability (4.16%), bending strength (3.03%), bending tensile strength (9.09%), friction (4%) and water resistance (9.63%) was obtained by applying complex additives of various origins. The improvement in the specified performance indicators indicates a potential increase in the service life of structures and a reduction in operating costs.

Taking into account the cost of materials used in the preparation of 1 m<sup>3</sup> of concrete mixture, a modified polypropylene fiber-reinforced concrete composition was developed, which was obtained economically cheaper. Based on the results of the conducted calculations and experimental tests, an economically and technologically efficient, environmentally and ecologically effective modified polypropylene fiber reinforced concrete was obtained. The obtained results demonstrate the combination of strength, performance, and resource efficiency characteristics of the developed material, making it a promising material for the sustainable development of the construction industry. The developed approach can be adapted to various regions, taking into account national regulatory requirements and environmental standards.

## References

1. Jawad, A., Jebur, Y., & Naqash, M. (2024). Improvement in the strength of concrete reinforced with agriculture fibers: Assessment on mechanical properties and microstructure analysis. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 19, 1–19.
2. International Organization for Standardization. (2021). ISO 29167:2021. Methods for determining crack resistance characteristics (fracture toughness) under static loading. ISO.
3. Shirinzade, I. N., & Ahmadov, N. M. (2019). The use of modified concrete in the construction of transport facilities. *Journal of Scientific Works of the Azerbaijan University of Architecture and Construction*, 1, 136–141.
4. Magdeev, U. Kh., Morozov, V. I., Pukharensko, Y. V., & Khegay, A. O. (2016). Efficient use of high-strength reinforcement in dispersion-reinforced concrete structures without prestressing. *Construction Sciences*, 2, 107–108.
5. Shirinzade, I. N., & Yusifov, Y. N. (2025). Sustainable production of high-strength artificial stone using limestone dust waste and hiperplasticizers. *International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering*, 4, 423–427.
6. Shirinzade, I. N., & Ahmadov, N. M. (2021). Development of effective fiber-reinforced concrete compositions used in transportation structures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1, 6–11.

7. Jamalova, K. B., Hagverdiyeva, T. A., & Gurbanova, R. A. (2025). Development of a modified fiber-reinforced concrete composition. *Journal of Construction Materials, Equipment, and Technologies of the 21st Century*, 2, 37–42.
8. Jamalova, K. B., & Hagverdiyeva, T. A. (2023). Fiber concrete based on plastic waste. *Engineering Mechanics Scientific and Technical Journal*, 2, 56–59.
9. Jamalova, K. B., Hagverdiyeva, T. A., & Gurbanova, R. A. (2025). Crack resistance of modified fiber-reinforced concrete. *Engineering Sciences: Problems and Solutions*, 3, 20–27.
10. Hagverdiyeva, T. A., & Jamalova, K. B. (2017). Friction resistant fibro concrete. *Scientific Works*, 2, 22–24.
11. Shirinzade, I. N., & Ahmadov, N. M. (2017). Ways to improve the efficiency of fiber-reinforced concrete. *International Research Journal*, 3(57), 107–109.
12. Hagverdiyeva, T. A., & Jamalova, K. B. (2024). Artificial SiO<sub>2</sub>-containing mineral-active adhesive material and concrete purchase research. *International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering*, 3, 213–219.
13. Azerbaijan Standardization Institute. (2021). AZS EN 197-1:2021. Cement—Part 1: Composition, technical requirements and conformity criteria of general purpose cements.
14. European Committee for Standardization. (2013). EN 196-2:2013. Cement—Part 2: Method of testing cement.
15. British Standards Institution. (2000). BS EN 206-1:2000. Concrete—Specification, performance, production and conformity.
16. European Committee for Standardization. (2019). EN 12390-2:2019. Testing hardened concrete—Part 2: Making and curing specimens for strength tests.
17. Ahmadov, N. M. (2020). Research of fiber concrete properties for transport facilities. In *Proceedings of the III International Azerbaijani-Ukrainian Scientific and Practical Conference* (pp. 338–341).
18. International Organization for Standardization. (2012). ISO 10180:2012. Methods for determining strength using control samples. Standards Publishing House.
19. International Organization for Standardization. (2018). ISO 13087:2018. Methods for determining abrasion. ISO.
20. International Organization for Standardization. (2018). ISO 12730-5:2018. Methods for determining water resistance. ISO.
21. Jamalova, K. B., Hagverdiyeva, T. A., Gurbanova, R. A., & Ganiyeva, S. A. (2025). Optimizing concrete performance: Influence of granular structure and filler distribution on strength characteristics. *International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering*, 1, 247–252.

*Məqaləyə istinad: Mədiyeva, G., Haqverdiyeva, T., & Camalova, X. (2025). Sənaye tullantıları əsasında dayanıqlı modifikasiya olunmuş polipropilen lifli beton. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzMİU, 1, 197–209*

*For citation: Mediyeva, G., Hagverdiyeva, T., & Jamalova, K. (2025). Sustainable modified polypropylene fiber concrete based on industrial waste. Scientific Works/Elmi Əsərlər, AzUAC, 1, 197–209*

Redaksiyaya daxil olma/Received 20.09.2024

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 20.11.2024

## ANALYSIS OF FACTORS FOR THE ECOLOGICAL AND ECONOMIC SELECTION OF A SETTLEMENT HEAT SUPPLY SYSTEM BASED ON LINGUISTIC INFORMATION

**Guliev Jamil Tahir**– postgraduate student, department of Heat and Gas Supply and Ventilation, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine; AzUAC, camil.quliyev@azmiu.edu.az

**Predun Kostiantyn Myronovych**– doctor of ec.sci., Professor, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, 31172@ukr.net

**Mammadov Nurmammad Yashar**– Candidate of Technical Sciences, Professor, AzUAC, Baku, Azerbaijan, nurmammad.mammadov@azmiu.edu.az

**Abstract** Heat supply systems of settlements are among the largest consumers of fuel and energy resources, which calls for optimizing their structure according to the criteria of energy efficiency and environmental safety. The article proposes a comprehensive mathematical approach to the ecological and economic selection of heat supply systems based on fuzzy logic theory and linguistic variables. A hierarchical model for assessing the influencing factors has been developed; it takes into account the physicochemical properties and cost of fuels, the efficiency of heat generation and heat transportation systems, as well as the specific emission factors of pollutants ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ , and particulate matter). To process qualitative expert information, the Mamdani fuzzy inference algorithm (Mamdani FIS) and the centroid defuzzification method (Centroid) were applied. Computer modeling of three heat supply scenarios was carried out in the Python environment. The results showed that the highest integral priority index belongs to the decentralized system based on renewable biomass ( $Y^* = 82.4\%$ ), whereas the traditional centralized natural gas system is characterized by a low priority ( $Y^* = 41.2\%$ ). The scientific novelty lies in the formation of a multicriteria integral index of biosphere compatibility *EESI*, which increases the validity of decisions in the development of heat supply schemes for communities.

**Keywords:** heat supply systems, fuzzy logic, linguistic variable, defuzzification, Mamdani algorithm, biosphere compatibility, renewable energy sources, decentralization

**Introduction.** Energy security is one of the main priorities of every state. The housing and utilities sector of Ukraine is currently the country's main consumer of fuel and energy resources (FER) [1]. The sector continues to be dominated by fossil fuels (whose emissions cause significant environmental pollution, especially of atmospheric air), as well as by obsolete technologies and worn-out technical equipment (characterized by low efficiency and, accordingly, low energy efficiency) of energy generation and supply enterprises and of end users — engineering systems, for example, those forming the indoor microclimate of buildings and structures of various purposes [2, 22].

**Relevance of the study.** Heat supply systems of settlements, which require up to 30% of the country's annual FER volume, are a clear example of this inefficiency. In general, any heat supply system consists of three main structural elements: a heat energy source, heat consumers, and pipelines for transportation.

In accordance with the requirements of the Law of Ukraine “On Heat Supply” [3], the development of heat supply systems of settlements must be based on approved heat supply schemes, which are a pre-design document that substantiates the economic and environmental feasibility and the business necessity of designing and constructing new heat energy sources and heat networks, and of expanding and modernizing existing ones.

In order to save fuel and energy resources and to protect atmospheric air from emissions of pollutants and greenhouse gases, the reconstruction of an existing heat supply scheme or the selection of a new one for a settlement must be based on techno-economic calculations that take into account the optimal combination of centralized, moderately centralized and decentralized (autonomous or individual) heat supply systems, the introduction of energy-efficient technologies, alternative and renewable energy sources, environmental protection, etc., as well as an increase in the operational reliability of technological processes [23, 24]. That is, energy security and climate neutrality no longer contradict each other — they have become interdependent.

The current structure of heat supply systems of Ukrainian settlements was created over decades. Today it is obsolete and, moreover, is on the verge of physical wear-out. Its condition has also been significantly worsened by the uncontrolled switch of the most solvent subscribers to autonomous heat supply. The above realities fully apply to the entire engineering infrastructure of settlements, in particular to the electricity and gas supply systems, which are in municipal ownership and, as a rule, are also unprofitable owing to the mismatch between the tariffs in force and the actual costs of providing the services, and to losses during transportation [1].

Thus, the question arises of determining the ways of further development of engineering support systems of settlements in Ukraine, in particular heat supply systems. This problem becomes even more urgent under martial law. Small towns, as a rule district centers and factory settlements, are in the most difficult situation. The latter received heat from the process boiler houses of industrial enterprises, which in present-day market conditions have become unprofitable and have ceased operating.

Providing the urban community with housing and utility services is one of the main tasks of local self-government bodies. The introduction of alternative types of heating is unaffordable for most residents of a settlement, both financially (a characteristic feature of the subscribers is a high share of socially vulnerable groups with low incomes) and because of the architectural and planning solutions of existing residential buildings (for example, there are no flue ducts for individual heating appliances).

At present, the main problem of heat supply systems is the inefficient use of energy resources, primarily natural gas (the share of “blue fuel” in heat generation by centralized sources is: boiler houses — 97%, CHP plants and thermal power plants — 80%), large heat losses during transportation (the average loss level in main networks is 21.7%), and the high consumer cost for the population (the average level of coverage of economically justified tariffs is 61%: the weighted-average applied tariff is 1452 UAH/Gcal (excluding VAT), and the weighted-average economically justified tariff is 2381 UAH/Gcal (excluding VAT)) [1].

**Recent research and publications.** In accordance with the Law of Ukraine “On Ratification of the Protocol on the Accession of Ukraine to the Treaty Establishing the Energy Community” [4], our state has undertaken to comply with all decisions and procedural acts adopted in the application of the Treaty. Ukraine has now developed its own legislative framework, and on its basis regulatory and technical documents harmonized with the corresponding European directives and standards have been adopted, aimed at reducing primary energy consumption and, accordingly, pollution of atmospheric air by the combustion products of traditional fuels [3, 12]. Ukraine is a party to the UN Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) [13], the Kyoto Protocol [14] and the Paris Agreement [15], which obliges the participating countries to implement long-term low-carbon development strategies (LTS) consistent with the goal of keeping the rise in global temperature well below 2 °C [25]. At the national level, the key legislative act that established the long-term vision of the country's development is the Law of Ukraine “On the Basic Principles of State Climate Policy” [16]. It set the ambitious goal of achieving climate neutrality by 2050, which corresponds to the goals of the European Green Deal (EU Green Deal) [17].

The Long-Term Strategy [8] considers three possible scenarios for achieving climate neutrality, which model different paths of development of Ukraine's economy [26]. In our opinion, the second one is more realistic — “The scenario with additional measures: the scenario includes the implementation of already existing plans, such as the modernization of heat supply and the

improvement of energy efficiency, and additionally provides for the implementation of planned but not yet implemented measures. Under this scenario, emissions can be reduced to 92.0 Mt CO<sub>2</sub>-eq. by 2050, or 10.0% of the 1990 level, the base year for assessing environmental pollution when implementing the principles of the Kyoto Protocol.”

The Tax Code of Ukraine establishes tax liabilities for emissions of pollutants and greenhouse gases into atmospheric air [18].

**Statement of the objectives of the article.** The aim of the article is a comprehensive analysis of the input factors that influence the selection and substantiation of a heat supply system for a settlement, taking into account energy sustainability and biosphere compatibility.

**Main part.** To create an expert modeling system for the multifactor analysis of the process of accumulation of the factors that influence the choice of a heat supply system for a settlement, a mathematical apparatus based on fuzzy logic theory and the linguistic variable was used [19–21]. This method, as an interconnected set of mathematical models, makes it possible to use expert linguistic information to optimize the choice of a heat supply system for a settlement depending on the factors that determine it. To establish the hierarchical relationships among the factors that influence the choice of a heat supply system, they were classified (Fig. 1).

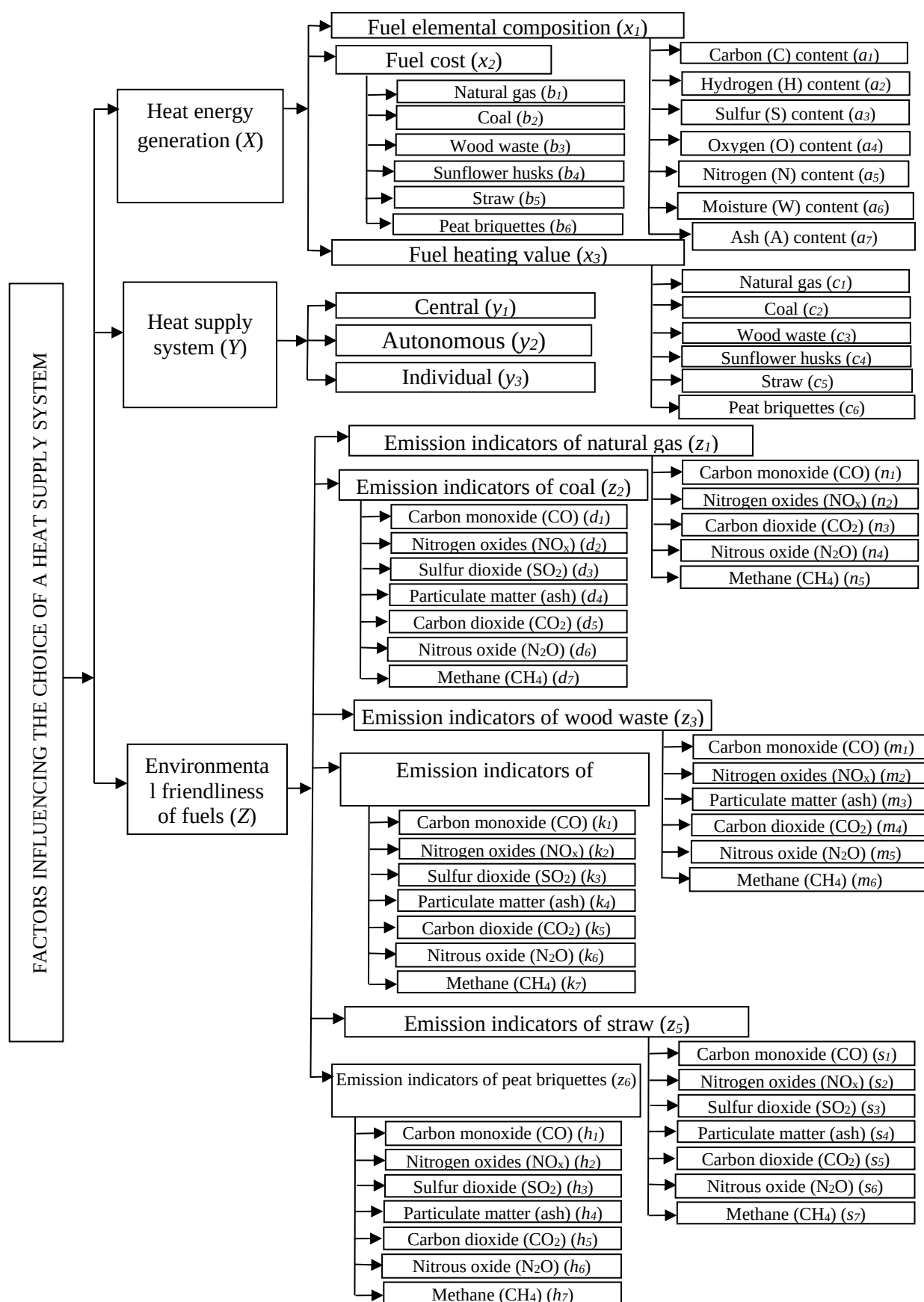


**Fig. 1.** Classification of the factors influencing the choice of a heat supply system of a settlement

Considering this process at the system level, the linguistic variable  $A_{HSS}$ , which characterizes the choice of a heat supply system, can be represented as the relation

$$A_{HSS} = f(X; Y; Z), \quad (1)$$

where  $X$  – linguistic variable (LV) describing heat energy generation;  $Y$  – LV describing the heat supply system of the settlement;  $Z$  – LV describing the environmental friendliness of the fuels used in heat energy generation.

The linguistic variable describing heat energy generation can be represented by the expression

$$X = f(x_1; x_2; x_3), \quad (2)$$

where  $x_1$  – LV “fuel elemental composition”;  $x_2$  – LV “fuel cost”;  $x_3$  – LV “fuel heating value”.

The linguistic variable describing the heat supply system of the settlement can be represented by the expression

$$Y = f(y_1; y_2; y_3), \quad (3)$$

where  $y_1$  – LV “central heat supply system”;  $y_2$  – LV “autonomous heat supply system”;  $y_3$  – LV “individual heat supply system”.

The linguistic variable describing the environmental friendliness of fuels can be represented by the expression

$$Z = f(z_1; z_2; z_3; z_4; z_5; z_6), \quad (4)$$

where  $z_1$  – LV “emission indicators of natural gas”;  $z_2$  – LV “emission indicators of gas coal, grade GR”;  $z_3$  – LV “emission indicators of wood waste, pellets”;  $z_4$  – LV “emission indicators of sunflower husk, pellets”;  $z_5$  – LV “emission indicators of straw, bales”;  $z_6$  – LV “emission indicators of peat briquettes”.

Equation (2) includes the variables  $x_1, x_2, x_3$ , which in turn depend on other factors

$$x_1 = f(a_1; a_2; a_3; a_4; a_5; a_6; a_7); \quad (5)$$

$$x_2 = f(b_1; b_2; b_3; b_4; b_5; b_6); \quad (6)$$

$$x_3 = f(c_1; c_2; c_3; c_4; c_5; c_6), \quad (7)$$

where  $a_1$  – LV “carbon (C) content”;  $a_2$  – LV “hydrogen (H) content”;  $a_3$  – LV “sulfur (S) content”;  $a_4$  – LV “oxygen (O) content”;  $a_5$  – LV “nitrogen (N) content”;  $a_6$  – LV “moisture (W) content”;  $a_7$  – LV “ash (A) content”;  $b_1$  – LV “natural gas cost”;  $b_2$  – LV “coal cost”;  $b_3$  – LV “wood waste cost”;  $b_4$  – LV “sunflower husk pellet cost”;  $b_5$  – LV “straw cost”;  $b_6$  – LV “peat briquette cost”;  $c_1$  – LV “heating value of natural gas”;  $c_2$  – LV “heating value of coal”;  $c_3$  – LV “heating value of wood waste”;  $c_4$  – LV “heating value of sunflower husk pellets”;  $c_5$  – LV “heating value of straw”;  $c_6$  – LV “heating value of peat briquettes”.

Equation (4) includes the variables  $z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6$ , which in turn depend on other factors:

$$z_1 = f(n_1; n_2; n_3; n_4; n_5); \quad (8)$$

$$z_2 = f(d_1; d_2; d_3; d_4; d_5; d_6; d_7); \quad (9)$$

$$z_3 = f(m_1; m_2; m_3; m_4; m_5; m_6); \quad (10)$$

$$z_4 = f(k_1; k_2; k_3; k_4; k_5; k_6; k_7); \quad (11)$$

$$z_5 = f(s_1; s_2; s_3; s_4; s_5; s_6; s_7); \quad (12)$$

$$z_6 = f(h_1; h_2; h_3; h_4; h_5; h_6; h_7); \quad (13)$$

For the mathematical description of fuzzy sets  $A$ , corresponding to the term sets for evaluating the influencing factors, triangular membership functions  $\mu_A(x) \in [0,1]$  are used. For an arbitrary parameter  $x \in [a, c]$  with the modal value  $b$ , the membership function is defined by the expression:

$$\mu_A(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a, \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b, \\ \frac{c-x}{c-b}, & b < x < c, \\ 0, & x \geq c. \end{cases}$$

The knowledge base of the expert system is formed on the basis of the fuzzy production rules of the Mamdani algorithm (Mamdani Fuzzy Inference System):

$$R^{(k)}: \text{IF } x_1 \text{ is } A_1^{(k)} \text{ AND } x_2 \text{ is } A_2^{(k)} \text{ AND } z_1 \text{ is } C_1^{(k)} \text{ THEN } \mathbf{A}_{\text{HSS}} \text{ is } B^{(k)},$$

where  $k = 1, \dots, K$  — the number of expert rules;  $A_1^{(k)}, A_2^{(k)}, C_1^{(k)}$  — the fuzzy terms of the input variables;  $B^{(k)}$  — the fuzzy term of the output variable, the priority of the heat supply system.

For defuzzification (the transition from a fuzzy set to a crisp quantitative priority indicator  $Y^*$ ) the center of gravity method (Center of Gravity / Centroid Defuzzification) is used:

$$Y^* = \frac{\int_Y y \cdot \mu_B(y) dy}{\int_Y \mu_B(y) dy},$$

where  $\mu_B(y)$  — the resulting membership function after accumulation of all rules of the knowledge base.

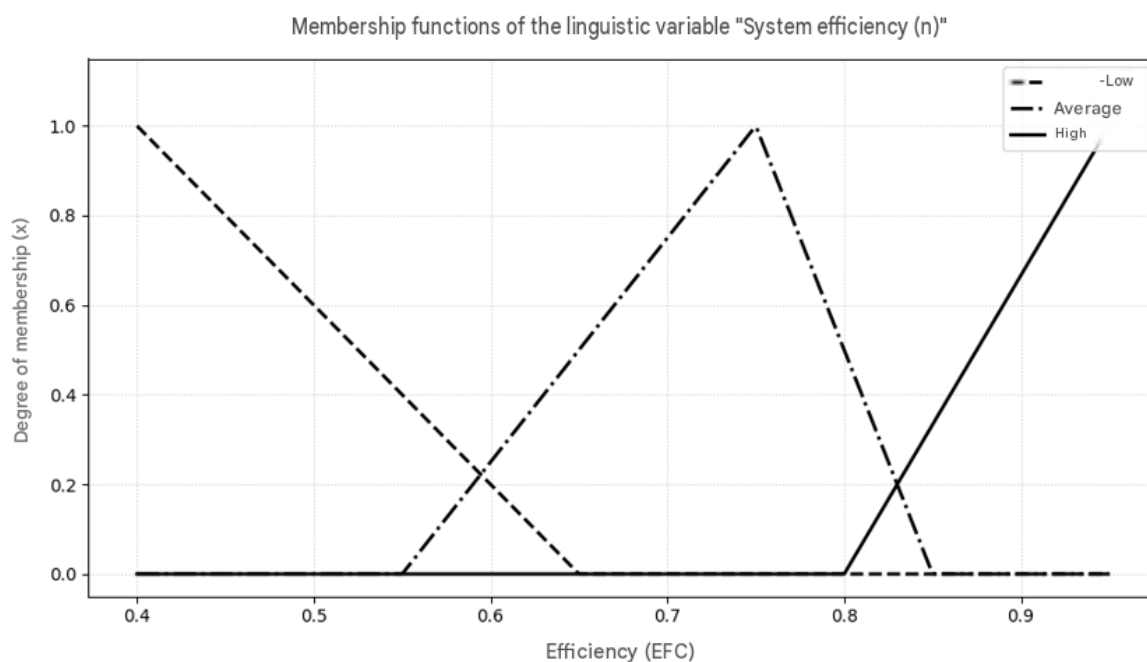


**Fig. 2.** Graphical representation of the triangular membership functions for the linguistic variable “efficiency of the heat supply system”

The values of the linguistic variables given in relations (1)–(13) are evaluated using a system of qualitative terms specified in the table. The value of the linguistic variable “choice of the heat supply system (degree of priority)” is represented by the following evaluation terms: L — low; bM — below medium; M — medium; aM — above medium; H — high. Each of these terms is a corresponding fuzzy set, which is a certain property considered as a linguistic term. The evaluation terms for the linguistic variables are given in the table.

For the factors influencing the choice of a heat supply system for a settlement, the universes of discourse were selected in accordance with information on:

- the cost of traditional and alternative fuels;
- the physicochemical properties of fuels;
- the calculated emission factors of pollutants and greenhouse gases formed during fuel combustion;
- tax liabilities for environmental pollution;
- the technical characteristics of heat supply systems.

**Table 1.** Influencing factors as linguistic variables

| Designation and name of the variable                                           | Universe of discourse | Terms for evaluation                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------|
| 1                                                                              | 2                     | 3                                                            |
| $a_1$ – carbon (C) content                                                     | 30...90%              | low (L), medium (M), high (H)                                |
| $a_2$ – hydrogen (H) content                                                   | 3...25%               | low (L), medium (M), high (H)                                |
| $a_3$ – sulfur (S) content                                                     | 0...6%                | low (L), medium (M), high (H)                                |
| $a_4$ – oxygen (O) content                                                     | 0...30%               | low (L), medium (M), high (H)                                |
| $a_5$ – nitrogen (N) content                                                   | 0.5...2%              | low (L), medium (M), high (H)                                |
| $a_6$ – moisture (W) content                                                   | 0...30%               | low (L), medium (M), high (H)                                |
| $a_7$ – ash (A) content                                                        | 0...40%               | low (L), medium (M), high (H)                                |
| $b_1$ – cost of natural gas                                                    | 0.23...0.29 UAH/MJ    | low (L), medium (M), high (H)                                |
| $b_2$ – cost of coal                                                           | 0.4...1.0 UAH/MJ      | low (L), medium (M), high (H)                                |
| $b_3$ – cost of wood waste                                                     | 0.8...1.0 UAH/MJ      | low (L), medium (M), high (H)                                |
| $b_4$ – cost of sunflower husk pellets                                         | 0.34...0.73 UAH/MJ    | low (L), medium (M), high (H)                                |
| $b_5$ – cost of straw                                                          | 0.06...0.29 UAH/MJ    | low (L), medium (M), high (H)                                |
| $b_6$ – cost of peat briquettes                                                | 0.75...1.0 UAH/MJ     | low (L), medium (M), high (H)                                |
| $c_1$ – heating value of natural gas                                           | 43...48 MJ/kg         | low (L), medium (M), high (H)                                |
| $c_2$ – heating value of coal                                                  | 25...30 MJ/kg         | low (L), medium (M), high (H)                                |
| $c_3$ – heating value of wood waste                                            | 12...18 MJ/kg         | low (L), medium (M), high (H)                                |
| $c_4$ – heating value of sunflower husk pellets                                | 15...20 MJ/kg         | low (L), medium (M), high (H)                                |
| $c_5$ – heating value of straw                                                 | 15...16 MJ/kg         | low (L), medium (M), high (H)                                |
| $c_6$ – heating value of peat briquettes                                       | 12...14 MJ/kg         | low (L), medium (M), high (H)                                |
| $y_1$ – central heat supply system (effective efficiency)                      | 0.48...0.55           | very low (VL), low (L), medium (M), high (H), very high (VH) |
| $y_2$ – autonomous heat supply system (effective efficiency)                   | 0.75...0.8            | very low (VL), low (L), medium (M), high (H), very high (VH) |
| $y_3$ – individual heat supply system (effective efficiency)                   | 0.85...0.9            | very low (VL), low (L), medium (M), high (H), very high (VH) |
| $n_1$ – emission factor of carbon monoxide (CO) from natural gas               | 17...51 g/GJ          | low (L), medium (M), high (H)                                |
| $n_2$ – emission factor of nitrogen oxides (NO <sub>x</sub> ) from natural gas | 42...126 g/GJ         | low (L), medium (M), high (H)                                |

|                                                                                           |                      |                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------|
| $n_3$ – emission factor of carbon dioxide (CO <sub>2</sub> ) from natural gas             | 58593...175779 g/GJ  | low (L), medium (M), high (H) |
| $n_4$ – emission factor of nitrous oxide (N <sub>2</sub> O) from natural gas              | 0.1...0.3 g/GJ       | low (L), medium (M), high (H) |
| $n_5$ – emission factor of methane (CH <sub>4</sub> ) from natural gas                    | 1...3 g/GJ           | low (L), medium (M), high (H) |
| $d_1$ – emission factor of carbon monoxide (CO) from coal                                 | 121...363 g/GJ       | low (L), medium (M), high (H) |
| $d_2$ – emission factor of nitrogen oxides (NO <sub>x</sub> ) from coal                   | 123...369 g/GJ       | low (L), medium (M), high (H) |
| $d_3$ – emission factor of sulfur dioxide (SO <sub>2</sub> ) from coal                    | 2808...8424 g/GJ     | low (L), medium (M), high (H) |
| $d_4$ – emission factor of particulate matter (ash) from coal                             | 4263...12789 g/GJ    | low (L), medium (M), high (H) |
| $d_5$ – emission factor of carbon dioxide (CO <sub>2</sub> ) from coal                    | 126293...378879 g/GJ | low (L), medium (M), high (H) |
| $d_6$ – emission factor of nitrous oxide (N <sub>2</sub> O) from coal                     | 1.4...4.2 g/GJ       | low (L), medium (M), high (H) |
| $d_7$ – emission factor of methane (CH <sub>4</sub> ) from coal                           | 1...3 g/GJ           | low (L), medium (M), high (H) |
| $m_1$ – emission factor of carbon monoxide (CO) from wood waste                           | 121...363 g/GJ       | low (L), medium (M), high (H) |
| $m_2$ – emission factor of nitrogen oxides (NO <sub>x</sub> ) from wood waste             | 50...150 g/GJ        | low (L), medium (M), high (H) |
| $m_3$ – emission factor of particulate matter (ash) from wood waste                       | 87...261 g/GJ        | low (L), medium (M), high (H) |
| $m_4$ – emission factor of carbon dioxide (CO <sub>2</sub> ) from wood waste              | 105328...315984 g/GJ | low (L), medium (M), high (H) |
| $m_5$ – emission factor of nitrous oxide (N <sub>2</sub> O) from wood waste               | 1.4...4.2 g/GJ       | low (L), medium (M), high (H) |
| $m_6$ – emission factor of methane (CH <sub>4</sub> ) from wood waste                     | 1...3 g/GJ           | low (L), medium (M), high (H) |
| $k_1$ – emission factor of carbon monoxide (CO) from sunflower husk pellets               | 121...363 g/GJ       | low (L), medium (M), high (H) |
| $k_2$ – emission factor of nitrogen oxides (NO <sub>x</sub> ) from sunflower husk pellets | 50...150 g/GJ        | low (L), medium (M), high (H) |
| $k_3$ – emission factor of sulfur dioxide (SO <sub>2</sub> ) from sunflower husk pellets  | 159...477 g/GJ       | low (L), medium (M), high (H) |
| $k_4$ – emission factor of particulate matter (ash) from sunflower husk pellets           | 191...573 g/GJ       | low (L), medium (M), high (H) |
| $k_5$ – emission factor of carbon dioxide (CO <sub>2</sub> ) from sunflower husk pellets  | 81320...243960 g/GJ  | low (L), medium (M), high (H) |
| $k_6$ – emission factor of nitrous oxide (N <sub>2</sub> O) from sunflower husk pellets   | 1.4...4.2 g/GJ       | low (L), medium (M), high (H) |
| $k_7$ – emission factor of methane (CH <sub>4</sub> ) from sunflower husk pellets         | 1...3 g/GJ           | low (L), medium (M), high (H) |
| $s_1$ – emission factor of carbon monoxide (CO) from straw                                | 121...363 g/GJ       | low (L), medium (M), high (H) |
| $s_2$ – emission factor of nitrogen oxides (NO <sub>x</sub> ) from straw                  | 50...150 g/GJ        | low (L), medium (M), high (H) |

|                                                                                    |                     |                               |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------|
| $s_3$ – emission factor of sulfur dioxide (SO <sub>2</sub> ) from straw            | 121...363 g/GJ      | low (L), medium (M), high (H) |
| $s_4$ – emission factor of particulate matter (ash) from straw                     | 437...1311 g/GJ     | low (L), medium (M), high (H) |
| $s_5$ – emission factor of carbon dioxide (CO <sub>2</sub> ) from straw            | 99278...297834 g/GJ | low (L), medium (M), high (H) |
| $s_6$ – emission factor of nitrous oxide (N <sub>2</sub> O) from straw             | 1.4...4.2 g/GJ      | low (L), medium (M), high (H) |
| $s_7$ – emission factor of methane (CH <sub>4</sub> ) from straw                   | 1...3 g/GJ          | low (L), medium (M), high (H) |
| $h_1$ – emission factor of carbon monoxide (CO) from peat briquettes               | 121...363 g/GJ      | low (L), medium (M), high (H) |
| $h_2$ – emission factor of nitrogen oxides (NO <sub>x</sub> ) from peat briquettes | 50...150 g/GJ       | low (L), medium (M), high (H) |
| $h_3$ – emission factor of sulfur dioxide (SO <sub>2</sub> ) from peat briquettes  | 332...996 g/GJ      | low (L), medium (M), high (H) |
| $h_4$ – emission factor of particulate matter (ash) from peat briquettes           | 1893...5679 g/GJ    | low (L), medium (M), high (H) |
| $h_5$ – emission factor of carbon dioxide (CO <sub>2</sub> ) from peat briquettes  | 93278...279834 g/GJ | low (L), medium (M), high (H) |
| $h_6$ – emission factor of nitrous oxide (N <sub>2</sub> O) from peat briquettes   | 1.4...4.2 g/GJ      | low (L), medium (M), high (H) |
| $h_7$ – emission factor of methane (CH <sub>4</sub> ) from peat briquettes         | 1...3 g/GJ          | low (L), medium (M), high (H) |

For a comprehensive ecological and economic assessment of the efficiency of heat supply systems, a multicriteria integral index of biosphere compatibility and energy efficiency (*EESI*):

$$EESI = w_1 \cdot \eta_{sys} + w_2 \cdot \left( \frac{C_{min}}{C_{fuel}} \right) + w_3 \cdot \left( \frac{E_{min}}{E_{total}} \right),$$

where  $\eta_{sys}$  — effective efficiency of the system;  $C_{fuel}$  — fuel cost (UAH/MJ);  $C_{min}$  — minimum cost among the fuel types analyzed;  $E_{total}$  — total environmental impact of emissions;  $w_1, w_2, w_3 \in [0,1]$  — weighting coefficients of the criteria ( $\sum_{i=1}^3 w_i = 1$ ), determined by the analytic hierarchy process (AHP).

The total environmental impact of emissions  $E_{total}$  is calculated taking into account the relative toxicity of the components:

$$E_{total} = e_{CO_2} + \alpha \cdot e_{NO_x} + \beta \cdot e_{SO_2} + \gamma \cdot e_{PM},$$

where  $e_i$  — emission factor of the  $i$ -th pollutant (g/GJ);  $\alpha, \beta, \gamma$  — coefficients of the relative environmental hazard of pollutants with respect to carbon dioxide (CO<sub>2</sub>).

**Results and discussion.** On the basis of the developed mathematical apparatus, computer modeling was performed in the Python environment using the scikit-fuzzy library. A comparative analysis of three scenarios of organizing the heat supply of a settlement was carried out:

1. Centralized natural gas system ( $\eta = 0.52$ , fuel cost 0.26 UAH/MJ, high emission level of CO<sub>2</sub>).
2. Decentralized (autonomous) wood pellet system ( $\eta = 0.78$ , fuel cost 0.80 UAH/MJ, neutral balance of CO<sub>2</sub>, increased particulate matter emissions).
3. Individual straw/biomass system ( $\eta = 0.88$ , fuel cost 0.18 UAH/MJ, low environmental toxicity).

Based on the results of defuzzification by the center of gravity method, the following crisp values of the integral priority index  $Y^*$  were obtained:

- Centralized system (gas):  $Y^* = 41.2\%$  (category “below medium”);
- Autonomous system (pellets):  $Y^* = 68.5\%$  (category “above medium”);

- Individual/local system (biomass/straw):  $Y^* = 82.4\%$  (category “high”).

The obtained results confirm the high sensitivity of the developed fuzzy model to changes in cost and environmental factors and prove the advisability of the transition to moderately decentralized systems based on renewable biomass.

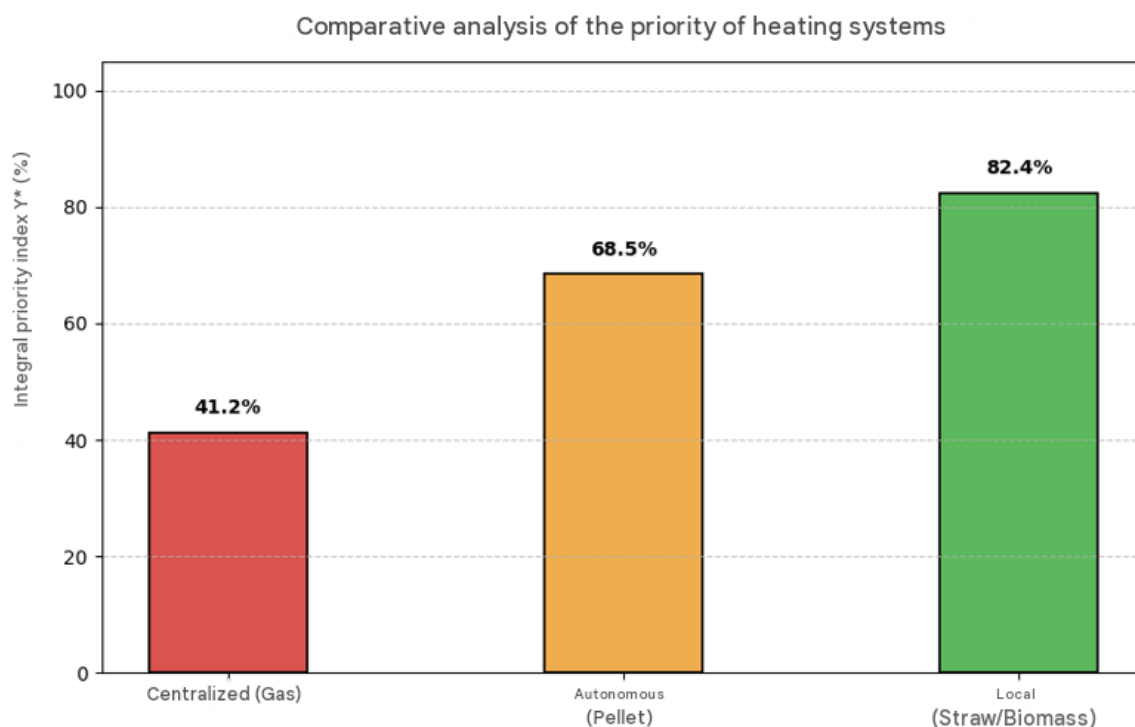


**Fig. 3.** Comparative results of the assessment of the integral priority index ( $Y^*$ ) of heat supply systems for the three baseline scenarios

### Conclusions.

1. An improved mathematical apparatus based on fuzzy logic theory and the Mamdani algorithm has been proposed for the multicriteria analysis and substantiation of the choice of a heat supply system for a settlement, taking into account biosphere compatibility factors.
2. An extended system of linguistic variables and their triangular membership functions has been formed, covering techno-economic indicators (efficiency, fuel cost) and environmental indicators (specific emissions of  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ , and particulate matter).
3. A multicriteria integral index *EESI* has been developed, which makes it possible to comprehensively assess the environmental and economic effects of introducing renewable energy sources.
4. The results of computer modeling showed that the highest integral priority index ( $Y^* = 82.4\%$ ) belongs to the decentralized biomass/straw system, which confirms the advisability of a gradual move away from traditional centralized gas-based heat supply ( $Y^* = 41.2\%$ ) in favor of local renewable sources.

### References

1. National Commission for State Regulation of Energy and Public Utilities. (2026). Report on the results of activities in 2025 (Approved by Resolution No. 806 of May 26, 2026). [https://www.nerc.gov.ua/storage/app/sites/1/Docs/Byuleten\\_do\\_richnogo\\_zvitu/broshura\\_do\\_richnogo\\_zvitu\\_nkrekp--2025.pdf](https://www.nerc.gov.ua/storage/app/sites/1/Docs/Byuleten_do_richnogo_zvitu/broshura_do_richnogo_zvitu_nkrekp--2025.pdf)
2. National Commission for State Regulation of Energy and Public Utilities. (2026, August 21). On monitoring the thermal energy market for January–March 2026.

- <https://www.nerc.gov.ua/monitoring-sferi-teplopostachannya/monitoring-rinku-teplovoyi-energiyi/monitorynh-rynku-teplovoyi-enerhii-za-2026-rik/monitorynh-rynku-teplovoyi-enerhii-za-i-kvartal-2026-roku/shchodo-monitorynhu-rynku-teplovoyi-enerhii-za-sichen-berezen-2026-roku>
3. Verkhovna Rada of Ukraine. (2005). On heat supply (Law of Ukraine No. 2633-IV). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2633-15#Text>
  4. Verkhovna Rada of Ukraine. (2010). On ratification of the Protocol on the Accession of Ukraine to the Energy Community Treaty (Law of Ukraine No. 2787-VI). Official Bulletin of the Verkhovna Rada, 2011(24), Article 170.
  5. Verkhovna Rada of Ukraine. (2021). On energy efficiency (Law of Ukraine No. 1818-IX). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#Text>
  6. Verkhovna Rada of Ukraine. (2017). On energy performance of buildings (Law of Ukraine No. 2118-VIII). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#Text>
  7. Verkhovna Rada of Ukraine. (1992). On protection of ambient air (Law of Ukraine No. 2707-XII). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12#Text>
  8. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2026). Long-term low-emission development strategy of Ukraine until 2050 (Directive No. 561-r). <https://www.me.gov.ua/Documents/List?lang=uk-UA&id=2034c6b3-4c39-4189-8804-bbbe752f8685&tag=DovgostrokovaStrategiiaNizkovugletseвогоRozvitkuUkrainiDo2050-Roku>
  9. Ministry of Regional Development, Construction, and Housing and Communal Services of Ukraine. (2019). Gas supply (DBN V.2.5-20-2018).
  10. Ministry of Regional Development, Construction, and Housing and Communal Services of Ukraine. (2018). Engineering equipment of buildings and structures. External networks and structures. Heating networks (DBN V.2.5-39:2008).
  11. Ministry of Regional Development, Construction, and Housing and Communal Services of Ukraine. (2014). Boiler plants (DBN V.2.5-77:2014).
  12. Ministry of Regional Development, Construction, and Housing and Communal Services of Ukraine. (2022). Thermal insulation and energy efficiency of buildings (DBN V.2.6-31:2021).
  13. United Nations. (1992). United Nations Framework Convention on Climate Change. United Nations.
  14. United Nations. (1997). Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_801#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_801#Text)
  15. United Nations. (2015). Paris Agreement. [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_161#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_161#Text)
  16. Verkhovna Rada of Ukraine. (2024). On the basic principles of state climate policy (Law of Ukraine No. 3991-IX). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3991-20#Text>
  17. European Commission. (2019). The European Green Deal (COM(2019) 640 final). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640>
  18. Verkhovna Rada of Ukraine. (2010). Tax Code of Ukraine (Law No. 2755-VI). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17/ed20250615#Text>
  19. Mityushkin, Y. I., Mokin, B. I., & Rotshtein, A. P. (2002). Soft computing: Identification of patterns by fuzzy knowledge bases. UNIVERSUM–Vinnysia.
  20. Rotshtein, A. P., & Shtovba, S. (1997). Fuzzy reliability of algorithmic processes. Kontinent–PRIM.
  21. Kasabov, N. K. (1998). Foundations of neural networks, fuzzy systems, and knowledge engineering. The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/3103.001.0001>
  22. Ahmed Ali, K., Ahmad, M. I., & Yusup, Y. (2020). Issues, impacts, and mitigations of carbon dioxide emissions in the building sector. Sustainability, 12(18), Article 7427. <https://doi.org/10.3390/su12187427>
  23. Gil-Ozoudeh, I., Iwuanyanwu, O., Okwandu, A. C., & Ike, C. S. (2022). The role of passive design strategies in enhancing energy efficiency in green buildings. Engineering Science & Technology Journal, 3(2), 71–91. <https://doi.org/10.51594/estj.v3i2.1519>

24. Guo, Q., Wang, Y., & Dong, X. (2022). Effects of smart city construction on energy saving and CO<sub>2</sub> emission reduction: Evidence from China. *Applied Energy*, 313, Article 118879. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.118879>
25. Hasanov, R. I., Giyasova, Z., Azizova, R., Huseynova, S., & Zemri, B. E. (2024). Long-term dynamics between human development and environmental sustainability: An empirical analysis of CO<sub>2</sub> emissions in Azerbaijan. *Challenges in Sustainability*, 12(4), 273–280. <https://doi.org/10.56578/cis120403>
26. Yarova, N., Lipych, L., Gutsul, T., Zhurba, O., & Novytskyi, V. (2025). Economic benefits of green technologies: Ukrainian experience. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 15(1), 412–421. <https://doi.org/10.32479/ijefi.17624>

*Məqaləyə istinad: Quliyev, C. T., Predun, K. M., & Məmmədov, N. Y. (2025). Yaşayış məntəqəsinin istilik təchizatı sisteminin ekoloji-iqtisadi seçimi amillərinin lingvistik informasiya əsasında təhlili. Elmi Əsərlər/Scientific Works, AzUAC, 1, 210-221*

*For citation: Guliev, J. T., Predun, K. M., & Mammadov, N. Y. (2025). Analysis of factors for the ecological and economic selection of a settlement heat supply system based on linguistic information. Scientific Works/Elmi Əsərlər, AzUAC, 1, 210-221*

Received: 16/12/2024 Accepted: 04/02/2025 Published: 02/03/2025

© The Author(s) 2026. Published by AzUAC. LTD. This is an open-access article under the CC BY License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

