



Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi  
Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti

ISSN-2222-5013

# ELMİ ƏSƏRLƏR



INTERNATIONAL CONGRESS ON **ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT**  
**STRUCTURES**

**AERS 2023**

26 - 28 April 2023

Azerbaijan University of Architecture and Construction AzUAC, Baku, AZERBAIJAN



<https://aers2023.com>

<https://swjournal.az/>

**SCIENTIFIC WORKS**

**SPECIAL ISSUE**

**№ 2 / 2023**

## REDAKSİYA 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 Kütləvi İnformasiya Vasitələrinin 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  
vəb: www.azmiu.edu.az  
e-mail: sw@azmiu.edu.az  
vəb: 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-FRANCHOIS 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 HAJİYEV- 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>Abdullayeva N.A.</b> Heydər Əliyevin Azərbaycan memarlıq irsinin qorunmasında rolu.	5
2	<b>Əkbərli A.S.</b> Tarixi şəhər irsi mühafizəsinin çağırışları və şəhərsalma inkişafına inteqrasiyası– Bakı şəhərinin nümunəsində	10
3	<b>Bədəlova F.T.</b> Vizual ünsiyyət sənətinin təkamül və təsiri, dizayn düşüncəsi	15
4	<b>Həsənova Fərəcova K.Ə.</b> Müasir şəhərlərin memarlığının kompleks inkişafında landşaft amilinin rolu	20
5	<b>Гамбар Н.Н.</b> Жилье дома государственного историко-культурного заповедника Илису	26
6	<b>Гасанова Л.Ф.</b> Графическая риторика: искусство убеждения в дизайне плакатов	31

**İ N Ş A A T**

№		səh
1	<b>Erberik M., Askan A., Kockar M., Altındal A., Aydın M., Ozsimsir A., Sahin G.</b> 2023-cü il Kahramanmaraş, Türkiyə zəlzələ ardıcılığının seysmoloji, geotexniki və struktur aspektləri	41
2	<b>Kaatsız K., Alici F.S., Tanişer S.</b> Kahramanmaraş zəlzələlərindən sonra əsas izolyasiya ilə xəstəxana binalarının performansının qiymətləndirilməsi.	52
3	<b>Yılmaz M., Yasin M., Mercimek O.</b> Karbon liflə gücləndirilmiş polimer təbəqələrlə möhkəmləndirilmiş hörgü divarlarının müstəvidən kənar davranışı üzrə eksperimental tədqiqat	58
4	<b>Mercimek Ö., Erbaş Y., Türker M.S., Sercan T.A., Özgür A., Qasımzadə A.</b> Malatyada 6 Fevral 2023-cü il Qəhrəmanmaraş zəlzələlərinin səbəb olduğu hörgü konstruksiyaların künc qırılma mexanizmlərinin tədqiqi	67
5	<b>Mercimek Ö., Erbaş Y., Salih T.M., Sercan T.A., Özgür A., Qasımzadə A.</b> 6 Fevral 2023-cü il tarixdə Kahramanmaraşda baş vermiş zəlzələnin səbəb olduğu hörgü konstruksiyaların nasazlıq mexanizmləri ilə bağlı müşahidələr	78
6	<b>Erbaş Y., Mercimek Ö., Salih T.M., Anıl O., Akkaya T.S., Qasımzadə A.</b> Kahramanmaraş zəlzələsi hadisəsində dəmir-beton konstruksiyalarda dizayn çatışmazlıqları və nasazlıq rejimləri	89
7	<b>Əliyev V.M.</b> Hündür binaların zəlzələyə davamlılığının təmin olunmasında autriqervə kəmərlərinin səmərəliliyinin tədqiqi	97
8	<b>Qarayeva N.</b> Tikinti işləri aparılacaq sahələrdə zəlzələnin təsirindən qruntların fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinin anomal dəyişmələrinin nəzərə alınması üsulları	103
9	<b>Qaravəliyev E.S.</b> Binaların zəlzələyə davamlılığında seysmoloji məsələlər (Azərbaycanda nümunə kimi)	109
10	<b>Qarayev A.N., Canmirzəyev A.A.</b> Zəlzələyə davamlıq sahəsində normativ sənədlərin işlənilməsi ilə bağlı bəzi məsələlər haqqında	113
11	<b>Qəniyeva S.A., Cəbiyeva T.E.</b> Zəlzələlərin proqnozunda geodeziya ölçülərinin rolu	117
12	<b>Zeynalov L.M., Hacıyev M.A., Poluxov İ.K., Əsədov E.Z.</b> Struktur hesablama sxemi baxımından binaların yeraltı və yerüstü hissələrinin təyin edilməsi	123
13	<b>Ağalarlı M.Z.</b> Azərbaycanda zəlzələlər tarixindən	128
14	<b>Əkbərova S.M., Əkbərli R.M.</b> Hava təbəqəli fasadların üstünlükləri və enerji səmərəliliyi ilə bağlı göstəricilərin analizi	133
15	<b>Мондрус В.Л., Сизов Д.К., Квасников Т.</b> Особенности расчета резинометаллических виброизоляторов с отверстиями в резиновых слоях	141
16	<b>Məmmədov Ş.A., Əliyev İ.Q., Həsənova T.C.</b> Alov qüllələri kompleksinin zəlzələyə davamlılığının tədqiqi	150
17	<b>İmaməliyeva C.N.</b> Yerli qrunut şəraitinin tikinti sahəsinin seysmik təhlükəsinə təsirinin tədqiqi	161
18	<b>Həsənova T.C., Məmmədli T.S.</b> Zəlzələ tezliyi ilə yerin vibrasiya dalğa uzunluğunun təyini	165
19	<b>Pirişev A.Y.</b> Hidrotexniki qurğulara seysmik təsiri	169
20	<b>Bəşirzadə S., Özcan O., Qəribov R.</b> Mexanik prinsiplərdən istifadə edərək Condeep Platform anbar rezervuarlarında dairəvi ön gərginlik effektinin qiymətləndirilməsi	175
21	<b>Məmmədli G.K., Qafarbəyli K.A.</b> Ortaq hərəkətə əsasən Xəzər dənizində zəlzələ vəziyyəti	183

**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>Sadiqov İ.R.</b> Fiziki və həndəsi qeyri- xətti lövhələr və yatıq qabıqların deformasiyasına dair məsələlər	187
2	<b>Lətifov F.S., Mərdanov İ.C., Sadıxov P.M.</b> Özlü-elastik torpaq və maye ilə təmasda halqa ilə gücləndirilmiş, kəsiklə zədələnmiş silindrik qabığın sərbəst axını	197
3	<b>Sazairov A.B.</b> Düzbucaqlı bir şüanın elastik-plastik əyilməsi	203
4	<b>Qüdrətzadə Ş.V.</b> Zəlzələyə davamlı sahil mühafizəsi və daşqından qorunma üsulu	206
5	<b>Джабраилова Г.Х.</b> Теоретические основы исследования сейсмостойкости изгибаемых железобетонных элементов.	212

**İ Q T İ S A D İ Y Y A T**

№		səh
1	<b>Агаева К.А.</b> Инвестиции в человеческий капитал в целях обеспечения инновационного развития и конкурентоспособности строительных предприятий и организаций	223
2	<b>Aslanova T.T., Fətəhova N.R.</b> Azərbaycanda qeyri-neft sektorunun inkişafını şərtləndirən bəzi amillər	230
3	<b>Quliyeva C.N.</b> Bankların kredit xidmətinin təşkili	236
4	<b>Həmidov N.R.</b> Nəqliyyat sektorunda konteynerləşdirmənin texnoloji problemləri	242
5	<b>Mustafayev R.A.</b> Müasir vergi siyasətinin əsas istiqamətləri	246

## C O N T E N T

№	A R C H I T E C T U R E	P
1	<b>Abdullayeva N.A.</b> Hayder Aliyev's role in protecting Azerbaijan architectural heritage	5
2	<b>Akbarli A.S.</b> Historical urban heritage preservation challenges and its integration into urban development- in the example of Baku city	10
3	<b>Badalova F.T.</b> The art of visual communication, its evolution and influence, design thinking	15
4	<b>Hasanova Farajova K.A.</b> The role of the landscape factor in the complex development of modern urban architecture	20
5	<b>Gambar N.N.</b> Residential houses of the Ilisu state historical and cultural preservation	26
6	<b>Hasanova L.F.</b> Graphic rhetoric: the art of persuasion in poster design	31
<b>C O N S T R U C T I O N</b>		
№		P
	<b>Erberik M., Askan A., Kockar M., Altindal A., Aydin M., Ozsimsir A., Sahin G.</b> Seismological, geotechnical and structural aspects of the 2023 Kahramanmaras, Turkey earthquake sequence.	41
2	<b>Kaatsız K., Alici F.S., Tanisher S.</b> Performance evaluation of base isolated hospital buildings after Kahramanmaras earthquakes	52
3	<b>Yilmaz M., Yasin M., Mercimek O.</b> Experimental study on out-of-plane behaviour of masonry walls strengthening with carbon fiber reinforced polymer sheets	58
4	<b>Mercimek O., Erbash Y., Turker M.S., Sercan T.A., Ozgur A., Kasimzade A.</b> Investigation of corner failure mechanisms of masonry structures caused by the 6 February 2023 Kahramanmaras earthquakes in Malatya	67
5	<b>Mercimek O., Erbash Y., Salih T.M., Sercan T.A., Ozgur A., Kasimzade A.</b> Observations on the failure mechanisms of masonry structures caused by the Kahramanmaras earthquake on February 6, 2023	78
6	<b>Erbash Y., Mercimek O., Salih T.M., Anil O., Akkaya T.S., Kasimzade A.</b> Design deficiencies and failure modes in reinforced concrete structures: the case of Kahramanmaras earthquake	89
7	<b>Aliyev V.M.</b> Study of effectiveness of outrigger and belt systems in ensuring earthquake resistance of high buildings	97
8	<b>Garayeva N.</b> Methods of consideration for anomalous changes in the physical and mechanical properties of soils during earthquakes in the areas of construction work	103
9	<b>Garavaliyev E.S.</b> Seismological issues in the earthquake resistance of buildings (as an example in Azerbaijan)	109
10	<b>Garayev A.N., Janmirzayev A.A.</b> On some issues related to the development of regulatory documents in the field of earthquake resistance	113
11	<b>Ganiyeva S.A., Jabiyeva T.E.</b> The role of geodesy measurements in the forecast of earthquakes	117
12	<b>Zeynalov L.M., Hajiyev M.A., Polukhov I.K., Asadov E.Z.</b> On the determination of underground and above-ground parts of buildings in terms of structural calculation scheme	123
13	<b>Aghalarli M.Z.</b> From the history of earthquakes in Azerbaijan	128
14	<b>Akbarova S.M., Akbarli R.S.</b> Assessment of effect of fire cut-offs on air exchange in ventilated air gap of hinged building facade systems	133
15	<b>Mondrus V.L., Sizov D.K., Kvasnikov T.</b> Features of the calculation of rubber-metal vibration isolators with holes in the rubber layers	141
16	<b>Mamedov S.A., Aliyev I.Q., Hasanova T.J.</b> Research of the earthquake resistance of flame towers complex	150
17	<b>Imamaliyeva J.N.</b> Investigation of influence of the local ground conditions on the seismic hazard of a construction site	161
18	<b>Hasanova T.J., Mammedli T.S.</b> Determination of the ground vibration wavelength by earthquake frequency	165
19	<b>Piriyevev A.Y.</b> Seismic impact on hydraulic structures	169
20	<b>Bashirzade S., Ozcan O., Garibov R.</b> Evaluation of circular prestressing effect on Condeep Platform storage reservoirs using mechanical principles	175
21	<b>Mammadli G.K., Gafarbayli K.A.</b> Seismic situation in the Caspian Sea as a basis for joint action	183
<b>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</b>		
№		P
1	<b>Sadigov I.R.</b> Physical and geometric problems of deformation of non-linear plates and bearing shells	187
2	<b>Latifov F.S., Mardanov I.J., Sadikov P.M.</b> Free oscillations of a ring-reinforced, shear-damaged cylindrical shell in contact with viscoelastic soil and fluid	197
3	<b>Sazairov A.B.</b> Elastic-plastic bending of a rectangular beam	203
4	<b>Gudratzada S.V.</b> Earthquake resistant coast guard and flood protection facility	206
5	<b>Jabrayilova G.K.</b> Theoretical foundations for the study of seismic resistance of bent reinforced concrete elements	212
<b>E C O N O M I C S</b>		
№		P
1	<b>Aghayeva K.A.</b> Investments in human capital in providing innovative development and competitiveness of construction enterprises and organizations	223
2	<b>Aslanova T.T., Fatahova N.R.</b> Some factors determining the development of the non- oil sector in Azerbaijan	230
3	<b>Guliyeva J.N.</b> Organization of banks credit service	236
4	<b>Hamidov N.R.</b> Technological problems of containerization in the transport sector	242
5	<b>Mustafayev R.A.</b> Main directions of modern tax policy	246

## HEYDƏR ƏLİYEVİN AZƏRBAYCAN MEMARLIQ İRSİNİN QORUNMASINDA ROLU

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

**Annotasiya.** Ümummilli lider H. Əliyevin hakimiyyətdə olduğu dövrlərdə, məhz birbaşa söyləri nəticəsində tarixən təşəkkül tapmış Azərbaycan şəhərlərinin bərpası və qorunması istiqamətində zəruri tədbirlər görülmüşdür. Onun müxtəlif illərdə verdiyi müvafiq fərmanları ilə Bakıda İçərişəhər, Şuşa, Şəki, Ordubad şəhərləri, Bakının Nardaran kəndi, Gəncədə Nizami Gəncəvinin Məqbərə Kompleksi, İsmayılı rayonu Lahi qəsəbəsi, Qax rayonunun İlisu və Şəki rayonunun Kiş kəndləri, Ordubad rayonundakı Qaraçay çayının vadisi, Çıraqqala və qədim Şabran qoruq elan edilmişdir. Azərbaycanın qədim şəhərsalma ənənələrini özündə əks edən 2000-ci ildə İçərişəhərin Şirvanşahlar Saray Kompleksi və Qız qalası ilə birgə YUNESKO-nun maddi irs siyahısına daxil edilməsi də böyük tarixi hadisə idi.

**Açar sözlər:** memarlıq abidələri, mədəni irs, rekonstruksiya, milli özünəməxsusluq, memarlıq obrazı

## HAYDER ALIYEV'S ROLE IN PROTECTING AZERBAIJAN ARCHITECTURAL HERITAGE

**Abdullayeva Nigar Azer**- PhD student, department of Architectural Constructions and Restoration of Monuments, AzUAC, aliyeva\_88@hotmail.com

**Summary.** During the reign of the national leader H. Aliyev, the necessary measures were taken towards the restoration and protection of Azerbaijani cities, which had historically developed as a result of his direct efforts. According to the relevant decrees issued by him in different years, the cities of Icherisheher, Shusha, Sheki, Ordubad in Baku, the village of Nardaran in Baku, the Nizami Ganjavi Mausoleum Complex in Ganja, the Ordubad region, Chiraggala and ancient Shabran are declared reserves. In 2000, taking into account the ancient urban planning traditions of Azerbaijan, the Old City was included in the UNESCO list of tangible heritage along with the Palace Complex of the Shirvanshahs and the Maiden Tower.

**Keywords:** architectural monuments, cultural heritage, reconstruction, national identity, architectural image

**Giriş.** “Xalq bir çox xüsusiyyətləri ilə tanılır, sayılır və dünya xalqları içərisində fərqlənir. Bu xüsusiyyətlərdən ən yüksəyi, ən böyüyü mədəniyyətdir” [1]. Bu qiymətli sözlər Azərbaycan xalqının dahi oğlu, dünya səviyyəli siyasətçi, Ulu Öndərimiz Heydər Əliyevə məxsusdur. Azərbaycan xalqının mədəniyyəti, tarixi və mədəni irsi haqqında çox fikirlər söylənilib və bundan sonra da söyləniləcək, lakin Heydər Əliyevin dediyi kəlamlar insanda öz qədim mədəniyyətinə hörmət və hədsiz qürur hissi aşılayır. Xalqın mədəni və memarlıq irsinin mühafizəsi bu dahi şəxsiyyətin daima diqqətində olmuşdur.

Ümummilli lider H. Əliyevin hakimiyyətdə olduğu dövrlərdə, məhz birbaşa söyləri nəticəsində tarixən təşəkkül tapmış Azərbaycan şəhərlərinin bərpası və qorunması istiqamətində zəruri tədbirlər görülmüşdür. Onun müxtəlif illərdə verdiyi müvafiq fərmanları ilə Bakıda İçərişəhər, Şuşa, Şəki, Ordubad şəhərləri, Bakının Nardaran kəndi, Gəncədə Nizami Gəncəvinin Məqbərə Kompleksi,

İsmayilli rayonunun Lahıc qəsəbəsi, Qax rayonunun İlisu və Şəki rayonunun Kiş kəndləri, Ordubad rayonundakı Qaraçay çayının vadisi, Çıraqqala və qədim Şabran qoruq elan edilmişdir. Azərbaycanın zəngin tarixini özündə əks etdirən qədim şəhərlərdən biri də Bakı qalası -İçərişəhərdir. İçərişəhərin Qərb qapısından daxil olan kimi Şirvanşahlar Sarayı minarə və günbəzlərinin əzəməti ilə diqqətinizi çəkəcəkdir. Şirvan hökmdarlarının iqamətgahı olan Şirvanşahlar Sarayı, qədim şəhərdə dominant rol oynayır.

VI əsrdən XVI əsrə qədər mövcud olmuş Şirvanşahlar dövləti hökmdarlarının ağıllı və düzgün siyasəti nəticəsində min il yaşaya bilmiş, yalnız Şirvanın deyil, bütün Azərbaycanın mədəni, ictimai-iqtisadi, siyasi cəhətdən inkişafında əvəzsiz rol oynamışdır. 1191- ci ilədək Şamaxı şəhərində yerləşən paytaxt güclü zəlzələ nəticəsində dağıldıqdan sonra Şirvan dövlətinin iqamətgahı Bakı şəhərinə köçürülmüş və Saray binasının inşasına başlanılmışdır. XIV- XV əsrlərdə isə sarayın ərazisi daha da genişləndirilərək müxtəlif funksiyalı tikililər inşa edilmişdir. Kompleksin Yaşayış binası, Divanxana, Seyid Yəhya Bakuvinin türbəsi , Key Qubad məscidinin qalıqları, Sultan Murad darvazası, Ailə türbəsi, Şah məscidi və Saray hamamı dövrümüzə qədər gəlib çatmış və Qız Qalası ilə birgə 2000-ci ildə UNESCO-nun “Dünya Mədəni İrs Siyahısı” na daxil edilmişdir. [1]. Bunun özündə böyük tarixi hadisə idi.



Şəkil 1. “Saray” hamamı [7]



Şəkil 2. “Şirvanşahlar” kompleksi [7]

**Metodlar.** Azərbaycanın müxtəlif şəhər və kəndlərinə səfəri zamanı Heydər Əliyev daim oradakı memarlıq və mədəniyyət abidələrinin vəziyyəti ilə maraqlanır, tarixi abidələrə xüsusi diqqət və məhəbbət ilə yanaşırdı. Bununla dahi liderimiz bu gün ki gənc nəsillə sanki bildirirdi ki, tarixin əsas daşıyıcıları arxivlərdə saxlanılan qədim yazılırla bərabər, yaşı min illiklərlə ölçülən memarlıq abidələrimizdir. Belə abidələrdən biri də Gəncə şəhərində yerləşən Nizami Gəncəvinin Məqbərə Kompleksidir.



Şəkil 3. Nizami Gəncəvinin məzarı 1947 il (Handan kəndi,indiki Əhmədli kəndi-Gəncə ş.) [2]

Məlumdur ki, vəfatından sonra Nizami Gəncəvi ata-baba yurdunda dəfn edilmiş və məzarı üzərində türbə tikilmişdir. Mütəxəssislərin fikrincə ilk türbənin tikintisi XIII-XIV əsrlərə aid edilir.

Yeni məqbərə isə II Dünya müharibəsindən sonra 1948-ci ildə Vakutinın layihəsi əsasında ucadılmışdır [2].

**Müzakirə.** 1990-1991-ci illərdə Heydər Əliyevin təşəbbüsü ilə məqbərə Nizami Gəncəvinin 850 illik yubileyi ərəfəsində yenidən qurulmuşdur. Azərbaycanın əməkdar memarı F. İmamverdiyevin layihəsi əsasında ucadılmış məqbərə Azərbaycanın XII əsr memarlıq üslubunda tikilmiş monumental memarlıq əsəridir. 1995-ci ildə Nizami Gəncəvinin Məqbərə Kompleksinin yenidən bərpa olunması haqda Sərəncam məhz Ulu Öndərimiz tərəfindən imzalanmışdır. Məqbərə kompleksinin türbəsi şairin “Xəmsə” sinə daxil olan əsərlərdən bəhs edən heykəltəraşlıq kompozisiyası, süni göl, beş buta, beş çarhovuz daxildir. [3].



**Şəkil 4.** Nizami Gəncəvinin məqbərəsi [2]



**Şəkil 5.** Nizami Gəncəvinin heykəli– Roma [2]

Heydər Əliyev 24 may 2000-ci ildə dahi şair və mütəfəkkir Nizami Gəncəvinin məqbərəsini ziyarət edərək demişdi: “Nizaminin məqbərəsinin qorumaq bizim müqəddəs vəzifəmizdir...Onun yazdığı əsərlər dünyada məşhurdur. Təsəvvür edin, 850 il bundan öncə bu qədər böyük əsərlər yaratmaq ! Bu əsərlər təkcə şeirdən ibarət deyildir, onların hər birində böyük elm var, böyük fəlsəfə, dahi fikirlər var. Buna görə də onun əsərləridə yaşayır, özüdə yaşayır” [1].

Hal hazırda Azərbaycan Respublikasının Prezidenti, müzəffər Ali Baş Komandan İlham Əliyev Ulu öndərin siyasətini, onun Azərbaycan memarlıq irsinin qorunmasına göstərdiyi qayğını davam etdirərək Nizami Gəncəvinin 870 illik yubileyi ərəfəsində Məqbərə Kompleksində genişmiqyaslı təmir-bərpa və abadlıq işlərinin aparılması haqqında sərəncam imzalamışdır. Bu da milli memarlıq ənənələrinin qorunması və yeni nəsillərə ötürülməsi üçün olduqca vacib əhəmiyyət kəsb edir. Bununla birgə XII əsrin görkəmli şairin və mütəfəkkirin abidəsi Azərbaycan Prezidentinin sərəncamı ilə İtaliyanın paytaxtı, Roma şəhərində Villa Borghese parkında, Viale Madame Leticia ərazisində ucadılıb. Abidənin müəllifləri Azərbaycan Respublikasının xalq rəssamı Salxab Məmmədov və heykəltəraş Əli İbadullayevdir. Layihə, Roma şəhərin Hökumətinin tarix və incəsənət üzrə komissiya tərəfindən təsdiqlənmişdi.

Daha bir görkəmli şairin məqbərəsindən bəhs etmək istədikdə yadımıza XVIII əsr Azərbaycan şairi, məşhur siyasi və ictimai xadim, Qarabağ xanı İbrahimxəlil xan Cavanşirin baş vəziri olmuş Molla Pənah Vaqifin muzey- məqbərə kompleksi düşür. Molla Pənah Vaqifin muzey-məqbərə kompleksinin inşasına memar A.V.Salamzadə və E.İ Kanukovun layihəsi əsasında 1977-ci ildə başlanılmışdır.

Kompleksin açılışı 1982-ci ilin yanvarında baş tutmuşdur. Kompleks Şuşa şəhərinin məşhur yerində- Cıdır düzünə yaxın bir ərazidə böyük şairin məzarı üstündə inşa edilmişdir. Məqbərə dördkünc quruluşa malikdir və mərmərlə bəzədilib. Burada Vaqifin Şuşa həyatını əks etdirən dövrə aid olan səksənə yaxın eksponat da sərgilənirdi. [5]. Şairin türbəsinin inşası məsələsi həll edilərkən, ətrafdakı dağ mənzərəsi və şəhərsalma xüsusiyyəti nəzərə alınmış, Azərbaycanın milli memarlıq quruluşlarından olan qülləvari türbələrinin kompozisiya quruluşundan istifadə edilmişdir. Türbənin inşasında müəlliflərin xalq memarlığının yerli ənənələrinə, monumental-dekorativ və tətbiqi plastika vasitələrinə geniş müraciət etmələri diqqəti cəlb edir.

Vaqifin türbəsində bədii memarlıq fikrinin son dərəcə aydınlığı və kompozisiyanın məntiqi sadəliyi konstruksiya və bədii surətinin ahəngdarlığı əldə edilmişdir. Şairin abidəsi kompozisiyanın tamlığı və formaların plastik zənginliyi ilə də fərqlənir. O, planda kvadrat şəkilli, aşağısı bir qədər geniş, oturacaq şəklində olan xaricdən qırmızımtıl Qarabağ mərməri ilə üzlənmiş hündür büredür. Türbənin oturacağının üç tərəfindən başqa bütün fasadların hündürlüyü boyunca anodlaşdırılmış alüminium şəbəkə ilə örtülmüşdür [5].



**Şəkil 6.** Molla Pənah Vaqifin muzey-məqbərə kompleksi, Heydər Əliyev Şuşada 1982– ci il [5]

Türbənin şəhərə baxan tərəfi təsirli baştağ görkəmi ilə nəzərə çarpır. Baştağın atqısında ağ mərmərdən böyük hərfərlə şairin adı həkk edilmişdir. 18 metr hündürlükdə ağ mərmər salonun mərkəzində şairin qəbri üzərində qara mərmərdən sənduqə qoyulmuşdur. Türbənin daili memarlığına işıq və hava hopdurulması və heykəltəraş A. Mustafayevin işi olan qabartmanın əlavə edilməsi şairin abidəsini daha da zənginləşdirmişdir. Girişə yönəldilmiş qabartma heykəl interyerin miqyası ilə yaxşı uyğunlaşdırılmışdır. Şəbəkələrdən süzülən işıq şüaları insanda dinamik işıq və kölgə strukturlu daxili məkan haqqında nəhənglik, təmtəraq və romantik coşğunluq kimi xoş duyğular oyadır. Türbənin konstruksiya həlli monolit dəmir-beton karkasa əsaslanır. Bəzək vurmaq üçün yalnız yerli inşaat materiallarından istifadə edilmişdir. Müəlliflər Azərbaycanın bürclü türbələrinin kompozisiyalı tərtibatı ənənələrini davam etdirmişlər. Ənənədən fərqli olaraq qülləvari abidənin günbəzlə qurtarmaması, ümumi kompozisiyanın müasir bədii həllini tapmışdır. Günbəz əvəzinə yastı dəmir-beton örtük layihələşdirilmişdir. Örtüyün yanlarından çıxıntı əmələ gətirən yüksək söykənəcəklər, fasadların zərif alüminium şəbəkələri ilə şaquli kompozisiyada xüsusi yüngüllük, milli xüsusiyyət və uçuş təəssüratı yaradır [6].

Gözəl təbiət mənzərəsi ilə təsirli təzad təşkil edən, iri miqyaslı abidəvi kompozisiyasına görə yadda qalan, dəqiq və təsirli siluətə malik abidə ustalıqla gözəl dağ mənzərəsinə daxil edilmişdir. Yüksək peşəkar səviyyədə hazırlanmış Vaqif türbəsi qoruq şəhər olan Şuşanın memarlıq üslubuna yeni bir nəfəs gətirmiş gözəl abidədir. Kompleksin inşası dörd ilə yaxın davam etmiş və o dövrdə Qarabağda məsul vəzifələrdə erməni rəhbərliyinin maneələrinə baxmayaraq yanvar ayının 14-də açılış mərasimi keçirilmişdir və açılış mərasimində Ulu Öndər Heydər Əliyev şəxsən iştirak etmişdir [4].

Qeyd etmək isə dərdimki uzun müddət Ermənistan Silahlı Qüvvələri tərəfindən Şuşa şəhərinin işğal edilməsi nəticəsində kompleksin binası və burada sərgilənən onlarla eksponat məhv edilmiş, aparılması mümkün olanları isə daşınmışdır [5]. Vətən müharibəsindən sonra ilk dəfə Şuşaya 2021-ci ilin 14 yanvarında– Vaqifin məqbərəsinin açılışının keçirildiyi gündən düz 39 il sonra gəldiyini deyən Prezident İlham Əliyev bildirib ki, bunun da böyük rəmzi mənası var idi və ilk göstərişlərdən biri də o oldu ki, Vaqifin məqbərəsi bərpa edilsin: “Yanvar ayından bu günə qədər, 7 ay ərzində artıq çox böyük işlər görülmüş və Şuşaya ikinci-üçüncü dəfə gələnlər bunu görür.





**Şəkil 8.** Heydər Əliyev və İlham Əliyev, İlham Əliyev Şuşada 39 ilin keçmişi və bu günü [5]

Dövlət başçısı çıxışını bu sözlərlə bitirib: Əziz dostlar, təxminən 40 il bundan əvvəl, bax, bu yerdə atam durmuşdu, mən isə o tərəfdə durmuşdum. Şaxtalı-qarlı havada Vaqifin məqbərəsinin açılışı idi. Şəkil 8,9. Ondan sonra ikinci dəfə 1982-ci ilin iyul ayında– iyulun 29-da atamla bərabər ikinci dəfə Şuşaya gəlmişdim. O vaxt Vaqif Poeziya Günləri keçirilirdi. Bu gün isə ikinci dəfə Vaqifin məqbərəsinin açılışını biz qeyd edirik. Vaqif Poeziya Günləri keçirilərkən atamın 59 yaşı var idi. Bu gün mənim 59 yaşım var. Bəziləri hesab edə bilər ki, bu, təsadüfdür. Ancaq mən hesab edirəm ki, burada böyük rəmzi məna var, tarix təkrarlanır. Azərbaycan tarixinin qara səhifəsi artıq arxada qaldı və yenidən biz nəfəs almağa başlamışıq.

Dövlət başçısı qeyd edib ki, Vaqifin məqbərəsi işğal edilmiş torpaqlardakı bütün digər tarixi abidələrimiz kimi erməni vandalizminə məruz qalıb. Bu gün isə məqbərə tam bərpa edilib və ikinci açılışı olub. Biz gənc tədqiqatçı-memarlar olaraq dahi şəxsiyyət Heydər Əliyevin qədim memarlıq irsimizin mühafizəsi üçün fəaliyyətini örnək alıb, milli memarlıq ənənələrinin yaşamasını, elmi cəhətdən öyrənilməsinə, araşdırılmasına və yeni memarlıq cərəyanlarına səlis inteqrasiyasını beləliklə də dünya miqyasında daha da tanınması və yadlar tərəfindən özünüküləşdirilmədən qorunmasını təminində əlimizdən gələni etməyi ali borc bilməliyik.

## References

1. H.Əliyev və Medeni irs– Azərbaycan Dövlət Mədəniyyət və Turizm Nazirliyi. Bakı. 2014
2. Qiyasi C. Nizami dövrü memarlıq abidələri. 1991
3. Mamedzadə K.M., Sarkisov N.A. Arhitekturnye pamyatniki Gyandzhi. Bakı. ELM. 1988
4. Usejnov M., Bretanickij L., Salamzadə A. İstoriya arhitektury Azerbajdzhana. Moskva. 1963
5. Muharibə və Tarixi mədəniyyət abidələrimiz. Heydər Əliyev Fondu, 2006
6. Ə. Rahidə. Azərbaycan Memarlığı XV-XIX əsrin əvvəllərində. 2013
7. <https://icherisheher.gov.az/az/93-sirvansahlar-saray-kompleksi>

*Məqaləyə istinad: Abdullayeva N.A. Heydər Əliyevin Azərbaycan memarlıq irsinin qorunmasında rolu. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzMIU, s. 5-9, N2, 2023*

*For citation: Abdullayeva N.A. Hayder Aliyev's role in protecting Azerbaijan architectural heritage. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzUAC. p.5-9, N2, 2023*

## TARİXİ ŞƏHƏR İRSİ MÜHAFİZƏSİNİN ÇAĞIRIŞLARI VƏ ŞƏHƏRSALMA İNKİŞAFINA İNTEQRASIYASI – BAKI ŞƏHƏRİNİN NÜMUNƏSİNDƏ

**Əkbərli Aytac Sədrəddin qızı** – doktorant, Memarlıq konstruksiyaları və abidələrin bərpaşı kafedrası, AzMİU, aytajakberli@gmail.com

**Annotasiya.** Məqalədə Bakının tarixi şəhər irsi konteksti çərçivəsində mövcud istifadə və inkişaf çağırışlarının ümumi, lakin müxtəlif aspektlərə dayanan təhlili aparılmışdır. Tədqiqat prosesində Bakı şəhərinin tarixi, memarlıq, şəhərsalma strukturu, landşaft, funksionallıq və ya ictimai yaddaş nöqtəyi nəzərdən əhəmiyyətli, lakin bilavasitə tarixi şəhər mərkəzi hesab olunmayan əraziləri əsas götürülmüşdür. Sözügedən ərazilərin bir qismi müasir istismar tələblərinə cavab verməsə də və ya müasir şəhər inkişafında məhdudiyət kimi görülsə də, hər birinin ayrı-ayrılıqda özünəməxsus kimliyinin olduğunu nəzərə aldıqda, bu kimliyi həmin ərazilərin potensial inkişafında xüsusi yanaşmaları təmin etmək üçün bir alətə çevirmək mümkünlüyü qeyd olunmuşdur. Təhlillərin nəticəsi olaraq, tarixi irs ərazilərinin şəhərin inkişafına inteqrasiyası yolları üzrə təkliflər irəli sürülmüşdür. Nəticə olaraq isə, tarixi kontekst və yeni inkişafın qarşılıqlı əlaqədə ola biləcəyini və onların rolununun qarşılıqlı şəkildə möhkəmləndirmək üçün xüsusi, obyektiv və çoxşaxəli yanaşmanın tətbiqi zəruriliyi qeyd edilir.

**Açar sözlər:** memarlıq, şəhərsalma, şəhər inkişafı, çağırışlar, şəhər irsi, memarlıq irsi, abidələr, bərpa, yenidənqurma, konservasiya

## HISTORICAL URBAN HERITAGE PRESERVATION CHALLENGES AND ITS INTEGRATION INTO URBAN DEVELOPMENT - IN THE EXAMPLE OF BAKU CITY

**Akbarli Aytaj Sadraddin** – PhD student, department of Architectural Constructions and Restoration of Monuments, AzUAC, aytajakberli@gmail.com

**Abstract.** In the article, a general but different aspect analysis of the current use and development challenges within the context of Baku's historical urban heritage was made. In the research process, the areas of Baku city that are important from the point of view of history, architecture, urban planning structure, landscape, functionality or public memory, but which are not directly considered the historical city center, were taken as a basis. Although some of the mentioned areas do not meet the requirements of modern utilization or are seen as a limitation in future urban development, considering that each of them has its own unique identity, the possibility of turning this identity into a tool to ensure special approaches in the potential development of those areas was noted. As a result of the analysis, proposals were put forward on ways to integrate historical heritage areas into the development of the city. In conclusion, it is noted that the historical context and the new development can interact and the need to apply a special, objective and multifaceted approach to mutually strengthen their role.

**Keywords:** architecture, urban planning, urban development, challenges, urban heritage, architectural heritage, monuments, restoration, reconstruction, conservation

**Giriş:** Müasir dövrdə şəhərlər urbanizasiya prosesi və dinamik inkişafı paralel iqlim dəyişikliyi, ətraf mühitin mühafizəsi, nəqliyyat və mühəndis-kommunikasiya infrastrukturunu problemləri, bazar iqtisadiyyatının tələbləri, kütləvi turizm kimi özünəməxsus çağırışların təzyiqi ilə qarşılaşırlar. Sözügedən çağırışlardan biri də, tarixən təşəkkül tapmış şəhər mərkəzlərinin və şəhər irsinin idarə edilməsidir ki, bu da öz növbəsində daha düşünülmüş və strateji yanaşmanın tətbiq edilməsini tələb edir. Şəhər mərkəzi dedikdə, bir qayda olaraq onların inkişafının başlanğıc nöqtəsi hesab olunan, həm memarlıq, həm də ictimai cəhətdən əhəmiyyət kəsb edən tarixi və coğrafi mərkəzi

əsas götürülür. Lakin, müxtəlif dövrlər ərzində şəhərlərin inkişafı və üfqi genişlənməsi nəticəsində öz funksiyası və əhəmiyyətinə görə fərqlənən mərkəzlərin sayı arta bilər.

Bununla belə, «tarixi şəhər mərkəzi» anlayışından fərqli olaraq, «şəhər irsi» daha geniş şəhər kontekstini və onun coğrafi, sosial və mədəni məkanını əhatə edir. Bu kontekst çərçivəsində inzibati, ictimai və turistik mərkəz ilə yanaşı bilavasitə mərkəzdə yerləşməyən, lakin həm tarixi, həm şəhərsalma inkişafı nöqtəyi-nəzərindən, habelə sakinlərin, ələlxüsus da yerli icmaların sıx məskunlaşdığı, mədəni və sosial aspektdən bağlı olduqları əraziləri nəzərdə tutmaq mümkündür. Şəhər irsinin qorunub saxlanması və idarə edilməsi şəhərin xarakterini və kimliyini qorumaq üçün mühüm əhəmiyyət kəsb etsə də, sürətlə böyüyən şəhərlərdə inkişaf imkanlarını məhdudlaşdırma bilər. Tarixi mərkəzlərə malik şəhərlərdə irsin qorunması və inkişaf arasında incə balans tələb edən unikal problem və məqsədləri müəyyən etmək lazımdır. Bu halda ortaya belə bir sual çıxır: İnkişaf yoxsa konservasiya?

İstənilən tarixi şəhər mühitini başa düşmək və idarə etmək üçün açar məqam şəhərin statik bir abidə və ya binalar qrupu olmadığını, onu formalaşdıran və formalaşdırmağa davam edən iqtisadi, sosial və mədəni sferalarda dinamik qüvvələrə tabe olduğunu qəbul etməkdir. Tarixi kontekst və yeni inkişafın qarşılıqlı əlaqədə ola biləcəyini və onların rolununun qarşılıqlı şəkildə möhkəmləndirmək üçün xüsusi, obyektiv və çoxşaxəli yanaşmanın tətbiqi zəruridir [1]. Aşağıda qeyd olunan çağırışların həlli sözügedən əlaqənin yaradılması və dayanıqlı şəhər inkişaf baxışı üçün zəminin yaradılması baxımından əhəmiyyət kəsb edir (şəkl.1):

**Tarixi irsin köhnəlməsi və itirilməsi riski** şəhər inkişafı üçün ən ciddi bir çağırışlardan biridir. Bu risk, bir şəhərin köklü tarixi, mədəni və memarlıq xüsusiyyətlərinin zamanla düzgün olmayan istismar və baxımsızlıqdan, habelə antropogen müdaxilələrin nəticəsində itirilməsi və gözlənilməz bir şəkildə dəyişdirilməsi anlamına gəlir. Eyni zamanda, irsin mühafizəsi sahəsində qanunvericiliyin və idarəetmə mexanizmlərinin qeyri-qənaətbəxş olması tarixi şəhər irsinin kommertiya maraqlarına uduzmasını sürətləndirən faktorlardan biridir. Tarixi və mədəni irsi qorumaq üçün əsaslı tədbirlər götürülmədikdə, nizamsız müasir inkişaf şəhərlərin ruhunu, xüsusiyyətlərini və cazibəsini mənfi istiqamətdə dəyişdirə bilər.

**Şəhərtrafi və mərkəzi ərazilər arasında inkişaf fərqlərini** aradan qaldırmaq üçün, şəhər planlaşdırılması və iqtisadiyyatının düzgün təşkil edilməsi vacibdir. Tarixi memarlıq abidələrinin, şəhər simvollarının sıx yerləşdiyi, abadlaşdırılmış və cəlbedici şəhər mərkəzi ilə paralel olaraq, az inkişaf etmiş və estetik cəhətdən zəif ərazilər bir çox hallarda ictimai xidmətlərdən belə məhrum qalmaq üzrədir və düzgün infrastruktur ilə təmin edilməmişdir.

İnvestisiyaların düzgün şəkildə şəhərtrafi ərazilərinə yönləndirilməsi, infrastrukturun inkişafı, ictimai xidmətlərin səviyyəsinin yüksəldilməsi, mədəniyyət və əyləncə cəhətdən cazibəli məkanların yaradılması bu fərqləri azaltmağa kömək edəcəkdir. Şəhərin mərkəzi ilə onu əhatə edən ərazilər arasında daha balanslı bir inkişafı təmin etmək və yaşayış keyfiyyətini yüksəltmək üçün bu addımların atılması önəmlidir.

**Gentrifikasiya istismar** dövrünü başa vurmuş və ya estetik cəhətdən qənaətbəxş hesab olunmayan müəyyən ərazilərində yaşayış məhəllələrinin maddi cəhətdən üstünlük təşkil bir qrup tərəfindən alınaraq əvəzində yeni yaşayış və ya ictimai binalardan ibarət komplekslərin tikilməsi nəticəsində kirayələrin artması və yerli sakinlərin məcburi relokasiyası ilə müşayiət olunan bir fenomendir.

Sosial yaddaşın itirilməsi ilə birlikdə, gentrifikasiya məsələsi yerli sakinlərin cəmiyyətə və yerə aid olma hissi, şəhərin tarixi və memarlıq irsin itirilməsi baxımından da təhlükə təşkil edir. Gentrifikasiya prosesi zamanla şəhər mənzərəsini dəyişdirir, sosial strukturları zəiflədir və yerli sakinləri məcburi köçürməklə orijinal mədəniyyət mərkəzləri və yerli icmaları itirir. Bu da şəhərin ruhunu, sosial bağlarını və toplumun birliyini, adət-ənənələrin davam etdirilməsini mənfi şəkildə dəyişdirə bilər.

Gentrifikasiya bir çağırış olaraq, şəhərsalma mütəxəssisləri, dövlət sektoru və ictimaiyyət üçün bir xəbərdarlıq kimi dəyərləndirilməlidir. Bu, ictimai nəqliyyatın, mədəni məkanların və ictimai infrastrukturun qorunması və gücləndirilməsi, yerli işçilərin və sənətkarların dəstəklənməsi, mədəni

mərkəzlərin və təşkilatların saxlanması və yeni mədəniyyət inkişafı və kiçik lokal biznes təşəbbüslərinin dəstəklənməsi ilə həyata keçirilə bilər.

**Nizamsız və dinamik şəhər inkişafı** xüsusən sürətlə inkişaf edən şəhərlərin rastlaşdığı problemlərdən biridir. Yüksək sıxlıqlı tikintilərin şəhərdə qeyri-mütəşəkkil paylanması, şəhərsalma norma və qaydalarına, habelə ərazi planlaşdırılması parametrlərinə riayət olunmaması nəticəsində tarixi irs zonalarında təsadüfi və pərakəndə şəkildə yerləşdirilmiş, üslub və həcmə görə yerləşdiyi ərazi ilə kəskin uyğunsuzluq təşkil edən binaların artmasına gətirib çıxarır və şəhərlərdə, xüsusən də şəhər irsi ərazilərində vizual çirклиiyin biraz daha artması ilə nəticələnir. Nəzərə almaq lazımdır ki, bu cür yanlış hallar şəhərin ümumi mənzərəsində geri dönüşü olmayan nəticələrə gətirib çıxarır.

Bu halda, şəhərsalma mütəxəssisləri, həmçinin dövlət və özəl sektor üçün daha sərt tənzimlənmə mexanizminin yaradılması zərurəti ortaya çıxır. Nizamsız inkişaf ictimai infrastrukturun və xidmətlərin zəif olduğu bölgələrdə nəqliyyat sıxıntıları, təhlükəli məkanların artması və səmərəli mühitdən məhrumluq kimi problemlərə səbəb olur. Bu, şəhərin yaşayış keyfiyyətini və inkişaf potensialını kəskin şəkildə məhdudlaşdırır.

**Köhnəlmiş mühəndis təchizatı infrastruktur** şəhərlərin yaşayış keyfiyyəti baxımından təhlükə yaratmaqdadır. Köhnəlmiş infrastruktur ayrı-ayrı tarixi binaların istismar keyfiyyətini aşağı salmaq, hətta onlara ziyan vurmaqla bərabər, tarixi ərazilərdə onların yenilənməsi və ya yenidən çəkilməsi daha mürəkkəb bir icraat tələb edir. Bundan əlavə, tarixi binalarının konstruksiyası və daxili planlaşdırılması əksər hallarda müasir mühəndis kommunikasiya şəbəkələrinin (enerji təchizatı, havalandırma, su-kanalizasiya şəbəkəsi) quraşdırılmasında məhdudiyyətlər yaradır.

**Artan nəqliyyat tələbatı** və avtomobilləşmə səviyyəsi daimi tıxaclara səbəb olaraq, şəhərin müxtəlif hissələrinin bir-birinə əlçatanlığını və tarixi-coğrafi mərkəzdən fərqli şəhər irsi zonalarının cəlbedicilik imkanlarını məhdudlaşdırır. Bu məqamdan çıxış yolu, yüksək sərnəşindəşmə qabiliyyətinə malik ictimai nəqliyyat sistemini gücləndirmək üçün ciddi tədbirlərin görülməsidir. Mövcud metro nəqliyyat sistemi yüksək sərnəşindəşmə qabiliyyəti ilə ictimai nəqliyyatın əsas rolunu davam etdirəcək. Lakin, metro tikinti xərclərinin yüksək olması və tikinti mürəkkəbliyindən alternativ ictimai nəqliyyat layihələri, məsələn, tramvay sistemi şəhər daxilində sürətli, təhlükəsiz, təmiz və rahat bir nəqliyyat təcrübəsini təmin edə bilər.

**Müzakirə:** Yuxarıda qeyd olunan çağırışların kompleks şəkildə qiymətləndirilməsini apardıqda “Tarixi şəhər irsinin idarə olunması üçün hansı yeni idarəçilik və maliyyə alətlərinə ehtiyac var?”, “Şəhərlərin kimliyini necə qoruyub saxlaya və gücləndirə bilərik?”, “Şəhərin mühafizəsi yerli icmaların ehtiyaclarına necə xidmət edə bilər?”, “Şəhər irsini qorumaqla paralel onun inkişafa inteqrasiyasına necə nail olmaq olar?” kimi suallar ortaya çıxır.

Şəhərsalma inkişafı ilə yanaşı irsin mühafizəsi məsələsinə Bakı şəhərinin nümunəsində baxdıqda, burada sözügedən kontekst çərçivəsində müxtəlif potensial inkişaf istiqamətlərini qeyd etmək olar. Müxtəlif tarixi dövrlərin və memarlıq üslublarının vəhdəti Bakının simasını formalaşdıran, onun kimliyini müəyyənləşdirən bir amilə çevrilmişdir. Bu müxtəlifliyə kompleks şəkildə yanaşmaqla, onu fürsətə çevirməklə paralel, strateji mühafizə tədbirlərinin görülməsini də təmin etmək zəruridir.

Çox qısa müddətdə müxtəlif inkişaf yollarından keçmiş və günümüzdə də dayanmadan inkişaf edən Bakı şəhəri irsin mühafizəsi və idarə olunması kimi məsələlərin dəyərləndirilməsi nöqtəyi nəzərdən unikal bir nümunədir. Burada biz qədim İcərişəhərdən tutmuş, ilkin neft kapitalizmi dövrü irsinə, konstruktivizm cərəyanından şəhərin simvollarına çevrilmiş müstəqillik dövrünün müasir memarlıq nümunələrinə kimi müxtəlif istiqamət və üslubların sıx şəkildə “qonşuluq” etdiklərinə şahid ola bilərik. Bunlara nümunə olaraq, XIX əsrin sonu XX əsrin əvvəllərində əsas qoyulmuş “bayır şəhər” - tarixi forştadt ilə paralel formalaşaraq sıx məskunlaşmış yaşayış məhəllələrini (məsələn, “Sovetskaya” və “Kubinka” kimi tanınan ərazilər), Bakının şəhərsalma inkişafının əsas katalizatoru olan neft sənayesinin tarixi ilə bilavasitə əlaqəli olan əraziləri (Səbail, Xətai, Sabunçu rayonlarında istifadəsiz fabrikin binaları və s.), XX əsrin ikinci yarısında aktiv şəkildə fəaliyyət göstərərək ölkənin iqtisadiyyatı üçün böyük əhəmiyyət kəsb etmiş keçmiş sənaye zonalarını (məsələn, “Ulduz” və “Bakmil” metrostansiyalarını əhatə edən ərazilər), 1930-60-cı illər arasında

formalaşmış nizamlı yaşayış kvartallarını, habelə funksional və “yaşıl” mikrorayonları qeyd etmək olar.

Sözgedən ərazilər istismar keyfiyyəti baxımından ümumilikdə qənaətbəxş hesab olunmasa da, orada yerləşən bir sıra tarixi memarlıq abidələri, habelə abidə statusuna malik olmayan, lakin memarlıq və şəhərsalma strukturunda yeri nöqtəyi nəzərdən seçilən binalar və həmçinin yerli sakinlərin yaddaşında tutduğu xüsusi yer (aidiyyat hissi, qonşuluq əlaqələri, adət-ənənələr və s.) bu əraziləri şəhərin ayrılmaz bir hissinə çevirmişdir. Yuxarıda qeyd olunan ərazilərin hər birinin ayrı-ayrılıqda özünəməxsus kimliyə sahib olduğunu nəzərə alaraq, onları şəhər irsi zonası kimi qəbul edərək, bu kimliyi onların potensial inkişafında xüsusi yanaşmaları təmin etmək üçün bir alətə çevirmək mümkündür. Nəzərə almaq lazımdır ki, zamanla köhnəlmiş və istismar dövrünü başa vurmuş tikililər, əlverişsiz infrastruktur, məhdud müasir istifadə imkanları, kommersiya maraqlarına uduzan orijinallıq, həmçinin, tarixi ərazilərdə istənilən müdaxilə və yeni yanaşmaya ictimai müqavimət, yerli kontinqent ilə razılığın əldə edilməsinin qəlizliyi, habelə bərpa və yenidənqurmanın yeni tikintilərə nisbətdə uzunmüddətli və həssaslıq tələb edən, mürəkkəb icraatı şəhər irsinin idarəçiliyində başlıca çətinliklərdən biridir.

Bütün bunlara baxmayaraq, şəhər irsi ərazilərinin tarixi kimliyi, memarlıq-şəhərsalma, habelə şəhər sakinlərinin sosial yaddaşı baxımından əhəmiyyəti, əmlak bazarında yerləşdiyi ərazilərə müvafiq dəyəri şəhər inkişafının maraqlı tərəfləri üçün bir sıra fürsət və imkanları təqdim edir. Məsələn, qeyd olunan amilləri prioritet götürərək edilən uzunmüddətli investisiyalar nəticəsində bu ərazilərin həm turizm potensialı, həm də əmlak dəyəri qat-qat yüksələcəkdir. Zəruri hissələrdə ərazinin bədii-memarlıq və həcmi-fəza xüsusiyyətlərinə, habelə ətrafda yerləşən bina və qurğuların miqyasına ahəngdar şəkildə uyğunlaşdırılacaq yeni tikililər əlavə etməklə də, inkişaf və konservasiya arasındakı balans nail olmaq və əraziyə yeni həyat vermək olar.

Yuxarıda qeyd olunanlara misal olaraq, Bakı şəhərində şəhər irsinin qorunub saxlanılmasının və müasir istifadəyə adaptasiyasının bir sıra gözəl nümunələri mövcuddur. Məsələn, Səbail rayonu ərazisində bir zamanlar neft mədənlərinin enerji təminatı üçün nəzərdə tutulmuş elektrik stansiyasının binasının bərpa-rekonstruksiya olunaraq Daş Salnamə muzeyinin, ötən əsrin əvvəllərində Siemenslər tərəfindən tikilmiş enerji stansiyasının binasının əyləncəli tədbirlərin keçirildiyi “Elektra Events Hall”, Hərbi Dəniz Qüvvələrinə aid olmuş binanın “YARAT” Müasir İncəsənət Məkanı kimi istifadəyə verilməsini qeyd etmək olar (şək.1, 2, 3). Bununla da, keçmiş sənaye zonasının müasir Bakı Bulvarının bir hissəsinə çevrilmiş mədəni rekreasiya zonasına transformasiyasını müşahidə edə bilərik. Bundan əlavə, tarixi toponimin bərpa olunaraq və təbii landşaftın qorunması şərtilə şəhər sakinlərinin istifadəsinə verilmiş Çəmbərəkənd parkı, Rus memarı A.S.Kandinovun layihəsinə əsasən 1896-cı ildə inşa olunan yaşayış binasında (daha sonra Respublika Travmatologiya xəstəxanası) əsaslı yenidənqurma işlərindən sonra açılmış Bakı Kitab Mərkəzi, konstruktivizm cərəyanının Bakıdakı ən gözəl nümunələrindən olan “Dinamo” idman sarayının müasir tələblərə cavab verən mehmanxana olaraq yenidən qurulması, habelə Abşeron qəsəbələrində yerinə yetirilməkdə olan regenerasiya işləri şəhər irsinin qorunub saxlanılması, müasir istifadəsi və şəhər inkişafına inteqrasiya kontekstində nümunəvi işlərdəndir.



Şəkil 1. Daş Salnamə muzeyi [2]



Şəkil 2. “Elektra” hall [2]



Şəkil 3. “YARAT” Müasir İncəsənət Məkanı

Şəhər və tarixi irs əraziləri arasında sosial, iqtisadi və fiziki inteqrasiyanın təşviqi yeni iştirakçıların və funksiyaların cəlb edilməsini və bu inteqrasiya nəticəsində yaranan fəaliyyətlərin səmərəli şəkildə tənzimlənməsini tələb edir. Tarixi mərkəzləri olan şəhərlərin inkişafında təkcə tarixi müəllərə investisiya etmək imkanı olanlara deyil, şəhərin bütün «istifadəçilərini», xüsusilə də yerli icmalara fayda verməsini təmin etmək üçün sosial və iqtisadi bərabərliyə üstünlük verməlidir. Bu səbəbdən ictimai iştirakçılığa, yəni yerli sakinlərin, icmaların bu və ya digər ərazilərdə yerinə yetirilməsi nəzərdə tutulan layihələr barədə əvvəlcədən məlumatlandırılması, rəy və təkliflərini vermələrinə imkan yaradılmalıdır ki, bununla da sakinlərin həyat və yaşayışlarına, həmin yerə olan əlaqələrinə hörmətlə yanaşmaqla yeni təkliflərin tətbiqinə nail olmaq mümkündür. Bunun üçün də, ictimai iştirakçılığı şəhərin tarixi simasını gücləndirmək və yuxarıda qeyd olunan fürsətlərin yerinə yetirilməsi üçün üz tuta biləcəyimiz bir alət kimi baxılmalıdır. [2]

**Nəticə.** Şəhərlər dinamik orqanizmlərdir. Dünyada elə bir tarixi şəhər yoxdur ki, öz ilkin, “orijinal” görünüşünü qoruyub saxlasın. Düzgün yanaşdıqda, şəhər irsi turizm, kommersiya istifadəsi və daha yüksək torpaq və əmlak dəyərləri vasitəsilə sosial-iqtisadi inkişaf üçün katalizator rolunu oynayacaq və bununla da qulluq, bərpa və reabilitasiya xərclərini ödəmək üçün gəlirləri təmin edəcəkdir. [1]

Yekun olaraq, tarixi şəhər irsinin düzgün idarəçiliyini təmin etmək məqsədilə şəhərlərin təbii, mədəni və insan resurslarının tam qiymətləndirilməsini həyata keçirmək, mədəni irsin qorunması və idarə edilməsi sahəsində normativ-hüquqi bazanın təkmilləşdirmək, şəhərsalma mütəxəssisləri, dövlət-özəl sektorları və digər maraqlı tərəflərin əməkdaşlığı ilə davamlı inkişaf təcrübələrini təşviq etmək, investorlar üçün şəhər irsi zonalarında xüsusi imtiyazların tətbiq etmək, şəhər ətrafı ərazilərin inkişafını təşviq edərək balanslı bərpa etmək və yerli kiçik bizneslərin inkişafına dəstək olmaqla əsrlər boyu davam edəcək yaşana bilən, tarixi kimliyini qorumuş və canlı şəhər mirası yaratmağa nail olmaq mümkündür.

### Ədəbiyyat

1. Balancing Growth and Conservation: The Case of Cartagena de Indias - University of Pennsylvania Stuart Weitzman School of Design, 2020
2. New life for historic cities - the historic urban landscape approach explained. United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (UNESCO), CLT-2013/WS/11, 2013

*Məqaləyə istinad: Əkbərli A.S. Tarixi şəhər irsi mühafizəsinin çağırışları və şəhərsalma inkişafına inteqrasiyası – Bakı şəhərinin nümunəsində. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzMİU, s. 10-14, N2, 2023*  
*For citation: Akbarli A.S. Historical urban heritage preservation challenges and its integration into urban development- in the example of Baku city. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzUAC, p. 10-14, N2, 2023*

## VİZUAL ÜNSİYYƏT SƏNƏTİNİN TƏKAMÜL VƏ TƏSİRİ, DİZAYN DÜŞÜNCƏSİ

**Bədəlova Firuzə Tofiq qızı**- müəllim, Qrafik və media dizaynı kafedrası, AzMIU,  
f.badalova.84@mail.ru

**Annotasiya.** Vizual ünsiyyət gözlə görə biləcəyimiz ətraf mühitin və insanların bir-birinə hərəkətlər vasitəsilə ötürdüyü məlumatdır. Vizual təsvir hal-hazırda olmayan xəyali təsvirin yaratdığı emosiyadır. Vizual ünsiyyət obrazlardan, ünsiyyətdən və müşahidə yolu ilə alınan informasiya növüdür. Vizual informasiya mesaj çatdırmaq, emosiya oymaq üçün geniş istifadə olunan ünsiyyət vasitəsidir. Müasir dövrdə fəaliyyət sahələrinin bir çoxunda vizual ünsiyyət həmişəkindən daha önəmli rol oynayır. Vizual ünsiyyət vasitəsilə kommunikasiya və qrafik dizayn sahələrinin cəmiyyət tərəfindən daha yaxşı qəbul olunmasının şahidi oluruq. Vizual ünsiyyətin müxtəlif məkan tiplərində tətbiq və təsirini ictimaiyyət tərəfindən bir mənalı qarşılanmır. Vizual ünsiyyət, işarələr, tipografiya, rəsm, qrafik dizayn, illüstrasiya, sənaye dizaynı, reklam, animasiya və elektron resurslar kimi böyük bir sahəni əhatə edən (lakin bunlarla məhdudlaşmır) ideya və məlumatların ötürülməsi üçün: sosial media, mədəniyyət, siyasət, iqtisadiyyat və elm, reklam və video çarxlar, tədris və təlim, istehsalatda çıxışlar və təqdimatlar və s. vizual ünsiyyət mesajları çatdıran əyani vəsaitləri əhatə edir və əsas mövqedə durur. Geniş aspektdə müxtəlif vizual elementləri nəzərə alaraq məlumatların ötürülməsi, eləcə də mühüm rol oynamasının şahidi oluruq.

**Açar sözlər:** qrafik dizayn, işarələr, vizual ünsiyyətin, vizual təsvir, illüstrasiyalar, dizayn, loqo

## THE ART OF VISUAL COMMUNICATION, ITS EVOLUTION AND INFLUENCE, DESIGN THINKING

**Badalova Firuza Tofiq**- lecturer, department of Graphic and media design, AzUAC,  
f.badalova.84@mail.ru

**Abstract.** Visual communication is the information that the environment and people transmit to each other through actions that we can see with the naked eye. A visual image is an emotion caused by an imaginary image that is not currently there. Visual communication is a type of information received from images, communication and through observation. Visual information is a means of communication that is widely used to convey a message, evoke emotions. Currently, in most areas of activity, visual communication has become more important than ever. Through visual communication, we are witnessing a better acceptance by society in the areas of communication and graphic design. The application and effect of visual communication in different types of space is not perceived as meaningful in society. Visual communication, signs, typography, drawing, graphic design, illustration, industrial design, advertising, animation and electronic resources for the transmission of ideas and information covering (but not limited to) a large area such as: social media, culture, politics, economics and science, advertising and video clips, teaching and training, in production, speeches and presentations, etc. In a broad aspect, we are witnessing that taking into account the various visual elements play an important role in the delivery of information.

**Keywords:** graphic design, design of signs, visual communication, visual representation, illustrations, design, logo

**Giriş.** Zamanla hadisələrin dəyişməsində vizual informasiya (xəbər, işarə, yazı, cizgi) vasitələri sosial proseslərin inkişafı fonunda püxtələşərək şəraitə uyğun yerini və təqdimat tipini tapmalıdır. Cəmiyyətin inkişafında işarələrdən istifadənin genişləndirilməsi piktoqrafik informasiya dilini zəruri hala çevirmişdir. Bu informasiya forması mətn, nitq, rəqəmli göstəricilər, informasiyanın təqdimat formasıdır. Müasir şəhərin gündəmində duran informasiyanı fundamental işarələr nəzəriyyəsi kimi dərk etmək lazımdır. Bu səbəbdən “memarlıq qanunlarının özündə təzahür edən xəbərin bədii estetik

formada, məkan nümayişində yerləşdirilməsi keçmişlə əlaqəni asanlaşdırır". Vizual ünsiyyətin cəmiyyətdə mühüm rol oynadığı danılmazdır. Vizual ünsiyyət zaman-zaman inkişaf etmiş və yeni ifadə forması qazanmışdır. İnsanların tarixi dövrün hər bir mərhələsində vizual ünsiyyətdən geniş istifadəsi maddi mənbələrdə əksini tapır. Vizual ünsiyyət müasir cəmiyyətdə vacib funksiya daşıyan vasitələrdəndir. Qədim tarixə malik olmasına baxmayaraq, hal-hazırda dünyada aktuallığını və əhəmiyyətini qoruyub saxlamaqdadır [1,2].

Xəritələr, siqnallar, rəsmlər, illüstrasiyalar, qrafikalar, kitablar, animasiyalar, veb dizaynlar, reklamlar, filmlər və s. kimi görülmə bilən hər hansı bir obyekt bu kateqoriyaya aiddir. Vizual ünsiyyət insana təsir göstərərək onun davranışlarında dəyişikliklərə səbəb ola bilər. Bu ünsiyyət formasının qiymətləndirilməsi təbii ki, auditoriyanın anlamasından asılıdır. Vizual ünsiyyət şəkillər, işarələr və s. yollarla cəmiyyətə məlumat ötürməkdə xüsusi məqsəd daşıyır. Müasir mədəniyyətin göstəricisi kimi vizual elementlərin təqdimatında modellərdən, qrafiklərdən, diaqramlardan, xəritələrdən və fotosəkillərdən geniş istifadə olunur.

**Metodlar.** İnsan ətraf aləmdən qəbul etdiyi məlumatları hansı yaş qrupunda olmasından asılı olmayaraq oxuduğu informasiyaları daha asan yadda saxlamağa çalışır. Lakin bununla məşğul olan infoqrafika göstəricisindən məlum olar ki, insanların yalnız 10%-i eşitdiklərini xatırlayır, yalnız 20%-i oxuduqlarını xatırlayır. Lakin 80% insanlar gördüklərini və etdiklərini xatırlayır. Bu səbəbdən vizual ünsiyyət dili daha çox qrafik təsvirlərlə ifadə olunur ki, insan beyni vizual məlumatı daha tez qəbul edir. Məlumatların ötürülməsində, alınmasında və tətbiqində vizual ünsiyyətin yeni formalarından istifadə olunmaqdadır. Bəzi elementləri nəzərə alaraq vizual ünsiyyətdə daha çox bir neçə əsas komponentdən daha dəqiq desək rəng və formadan istifadə edilir. Bu əsas xüsusiyyətlər gündəlik həyatda mühüm rol oynayır və vizual vasitələrin təqdimatında geniş tətbiq olunur, məsələn: elektron plakat lövhələri, video çıxarışlar, proyeksiya avadanlıqları, kompüter dəstəklili təqdimatlar.



Şəkil 1. Vizual nümunələr [2]

Bu gün artıq vizual ünsiyyətin gücü bütün dünyaya bəllidir. Cəmiyyətdə vizual ünsiyyətin sirlərini, mükəmməl dizayn yaratmaq bacarıqlarını, individual ideyaları necə yarada biləcəkləri haqqında müəhazirələr, məşğələlər, müqayisəli təhlillər aparılır. Vizual ünsiyyətin əsas məqsədi müasir düşüncə, yeni forma və simvollar vasitəsilə məlumatların ötürülməsi, auditoriyanın diqqətini cəlb etməkdir.

Vizual ünsiyyət mesaj çatdırmaq, dəyişikliklərə qarşı emosiya oyadaraq vizual elementlərdən istifadə təcrübəsidir. Vizual ünsiyyət auditoriyada məna yaratmaq üçün düzgün elementləri (adətən mətn, nişanlar, formalar, təsvirlər və məlumat vizualizasiyaları) seçməkdən ibarətdir. Vizual ünsiyyət dizaynın bir hissəsidir. O öyrədən, həvəsləndirərək qrafik dizaynerin mesajlarını aydın və göz oxşayan şəkildə çatdıran dizayn prinsiplərindən istifadə metod və yollarını aşılır.

Vizual ünsiyyət nəzəriyyəsinə aşağıdakılar daxildir:

1. İşinin təsirini göstərmək üçün məlumatların vizuallaşdırılmasından istifadə
2. Əlaqələri, prosesləri və axınları təsvir etmək üçün forma və xətlərdən istifadə
3. Məlumatı daha yadda qalan etmək üçün simvol və nişanlardan istifadə
4. Hekayələr danışmaq üçün vizual məlumatlardan istifadə



5. Önemli məlumatı göstərmək və diqqəti cəlb etmək üçün rəngdən istifadə [8].

Təbii ki, məlumatların vizuallaşdırılması ünsiyyət üçün güclü bir vasitədir. İlk olaraq müəssisələr hesabat, proqnozlaşdırma və marketing üçün məlumatların vizuallaşdırılmasından istifadə edir.

Məlumatların vizuallaşdırılmasında aşağıda göstərilənlərdən istifadə edilə bilər:

1. Məlumatları cəlbedici etməq məqsədilə rəng həllərinə diqqət etmək
2. Bir sıra məlumat daxilində meyillərin və kənar göstəricilərin müəyyən edilməsi
3. Məlumatda tapılan hekayəni izah etmək
4. Arqument və ya rəyi gücləndirmək
5. Məlumat toplusunun vacib hissələrinin vurğulanması tətbiq oluna bilər [9].

Vizual məlumat asan başa düşülən olmalıdır. Əks halda qəliz vizual görüntü məlumatın qavranmasını çətinləşdirməklə bərabər əhəmiyyətini də itirə bilər.

Məlumatların vizuallaşdırılması bizə illüstrasiyalar, diaqramlar, təsviri mətn və cəlbedici dizayndan istifadə etməklə məlumatları fərqli şəkildə çərçivəyə salmağa imkan verir. Vizuallaşdırma həmçinin məlumatları kateqoriyalar və mövzular əsasında qruplaşdırmağa və təşkil etməyə imkan verir ki, bu da başa düşülən hissələrə bölünməyi asanlaşdırır. Vizual ünsiyyət böyük və kiçik şirkətlərin geniş auditoriyada tanınmasında önəmli rol oynayır.

Vizual ünsiyyət bir şirkətin imicini yarada bilər. Şirkətə uyğun nişan hazırlanaraq logo təyin edilə və ya təqdim edilə bilər. İndi bir çox şirkətlərin loqosu korporativ dünyada həmin şirkətin imicinin inkişafında əhəmiyyətli rol oynayır. Logo çox güclü bir marka varlığı ola bilər. Bir çox şirkətlər sürəti adlarından öncə loqotipləri ilə müəyyən edilir. Loqotiplərin bizi əhatə etməsi onları istehlakçı tərəfindən asanlıqla tanıdır. Loqotip hər hansı bir iş və məhsulun vacib elementidir. Loqotip anlayışına yaxın olan termin "Markadır". Marka, bazarda bir məhsulun imicini yaradır. Marka və loqo (ticarət nişanı) sinonimdir.

Yalnız "ticarət nişanı" hüquqi əhəmiyyətə malikdir. Marka (əmtəə nişanı) qeydiyyatla alındıqda ticarət nişanına çevrilir. Yəni ticarət markası müəyyən bir prosedurla qeydiyyatla alınan ticarət nişanıdır.

"Logo" termini inandırıcı bir mətn yaradarkən məntiq və düşüncənin istifadəsini ifadə etmək üçün istifadə olunur. Loqonu məntiqi əsaslandırmaq vaxt və səy tələb edə bilər. Lakin loqotipləri başa düşmək və effektiv məntiqi müraciətlər istifadəçini maraqlandırmaya kömək edə bilər.

**Loqo necə yaranıb və zamanla necə inkişaf etdi?** Loqotipin yaranması ilk yaşayış yurdlarının daha sonra mənimsəmə təfəkkürünün inkişafının genişlənməsilə müşahidə olunur. Loqonun tarixinin qədim misirlilərlə bağlı olduğu bilinir. Loqo orta əsrlərdə ticari əlaqələrin inkişafında məhsulların damğalamaq, heroqliflərdən və gerblər kimi qrafik təsvirlərdən müxtəlif tacirlərin statuslarını müəyyənləşdirmək üçün istifadə edilirdi.



**Şəkil 2.** Azərbaycan damğa nümunələri "Yazılı təpə" 1843-cü il Xəzər vilayətinin gerbi [2]

Daha sonrakı dövrlərdə ticari əlaqələrin genişlənməsi, bu sahəyə olan maraq və tacirlərin mallarının daha yaxşı təqdim etmək istəkləri qrafika sahəsinə olan tələbatı artırdı. İnsanlar artıq bir tək istehsalçı haqqında yox, eyni zamanda məhsul haqqında məlumat almaq istəyirdilər.

Müasir loqotiplər mövcud markanın və ya yeni markanın vəzifəsindən asılıdır. Loqotip təşkilatın bütövlükdə funksional kommunikasiyalarına olan kompleks identifikasiya sisteminin mərkəzidir. Loqoları piktoqrafik simvollarla, təsvirlərlə, şirkətin adı və ya baş hərflərlə ifadə etmək olar. Müasir loqo stili nədir? Müasir loqotiplər tez-tez qrafik fiqurlar və ya kiçik xətt dizaynları kimi sadə dizayn elementlərini əlavə oluna bilər. Bu element vizual görkəmi maraqlı oyada bilər və ya marka aidiyyəti sənaye sahəsini işarə edə bilər. Loqotiplər müxtəlif formalardan - həndəsi, sadə və xətlərdən ibarət ola bilər. Üç elementin simvol, söz işarəsi və şüarın birləşməsindən yaranan loqolarda rəng faktoru önəm daşıyır. Loqoda istifadə olunan elementlər bir-birinə bağlanır və onlar ayrı-ayrılıqda ölçüləri dəyişdirilməməlidir. Loqonun istehlakçı tərəfindən dərhal tanınması nəzərdə tutulduğundan, onun tez-tez dəyişdirilməsi əks nəticə verə bilər.

Müasir loqotiplər. Loqoların 1870-ci illərdən (qırmızı xaç və qızıl aypara emblemləri) istifadə olunmasına baxmayaraq, artıq bir çox şirkət, məhsul, marka, xidmət, agentlik və digər təşkilatlar ideoqramdan (işarə, piktoqram), emblemdən (simvol) və ya loqotip kimi işarə birləşməsindən istifadə edirlər. [7]

İdeoqram nədir? İdeoqram nümunələrini araşdırdıqda onun müasir dünyada hələ də aktual olduğunu görürük. İdeoqramlar vasitəsilə dil maneələri asanlıqla aradan qaldırılır. Bu gün ideoqramların ən çox istifadə olunduğu sahələr hava limanlarıdır.



Şəkil 3. İctimai yerlərdə simvollar [3]

Digər tərəfdən, ictimai yerlərdə simvollar, telefon işarələri və digər nişanlar ideoqramlarla qeyd olunur. Diqqətə almaq lazımdır ki, ideoqram və piktoqram bir-birinə çox bənzəyir. Bəzən ideoqramların tətbiqi cəmiyyət arasında piktoqram adlandırılır. Lakin onları ayıran kiçik bir fərq var. Təsvirdə konkret bir işarə vasitəsilə fikir çatdırılırsa bu piktoqramdır. Əgər bir neçə element vasitəsilə fikir çatdırılırsa qəlizləşir və əlavə yazılı formada fikrin qeyd edilməsi vacib hala çevrilir.

Nəticədə istifadə olunan minlərlə ideoqramdan yalnız bir neçəsi hər kəsə tanış olmağa bilər. Effektiv bir loqo həm ideoqramdan, həm də şirkətin adından (loqotipdən) ibarət ola bilər ki, bu da qrafik görüntünün üstündəki adı vurğulayır, hərflər, rənglər və əlavə qrafik elementlərdən istifadə edərək unikal dizaynda təqdim edilir.

**Nəticə.** Hal-hazırda bu sahədə gedən islahatlar, yeni tətbiq formaları vizual ünsiyyətə, loqo və qrafikaya olan ehtiyacın artmasından irəli gəlir. Baxmayaraq ki, bir çox tətbiq formaları daha kamil forma almışdır, lakin ənənəvi vizual ünsiyyət üstünlüyünü qorumaqdadır. Bunu biz müxtəlif məkan tiplərində, bizi əhatə edən məkanların vizual ünsiyyət dilində müşahidə edə bilərik. Beləliklə, ətraf mühitdə baş verən hadisələri, yenilikləri cəmiyyətə ötürən vizual ünsiyyət informasiya vasitələri cəm olub şəbəkə formasında bir-birini tamamlayan, asan qavranıla bilən, cəmiyyəti canlandıran ansambl yaratmalıdır.

### **Ədəbiyyat**

1. Bəkirova, T.Ş. Memarlıq mühitinin inkişaf təkamülü. Bakı. Memar, 291s. 2005
2. Bədəlova, F.T. Vizual vasitələrin bədii tərtibat meyarları. Bakı. Şərqlə Ölkələri Beynəlxalq Memarlıq Akademiyası, №2(14). 114-118s. 2017
3. Əlizadə, A.Ş. Reklam və kommunikasiya sistemi. Bakı: İqtisad Universiteti, 188s. 2010
4. İzahlı reklam lüğəti (Qlossari): - Bakı, nəşriyyat, 2004, 124 s
5. Şükürlü Ə. Qədim türk yazılı abidələrinin dili. Bakı: Maarif, 336s. 1993
6. Tərlanov M., Əfəndiyev R. Azərbaycan sovet qrafikası. Bakı. Azərnəşr, 47 s. 1963
7. <https://az.wikipedia.org/wiki/Emblem>
8. <https://alymov.pro/articles/tpost/sm4ar0ar61-tovarnii-znak-torgovaya-marka-brend-logo>
9. <https://www.haftalikgunluk.com/ideogram-nedir/>

*Məqaləyə istinad: Bədəlova F.T. Vizual ünsiyyət sənətinin təkamül və təsiri, dizayn düşüncəsi. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzMIU, s. 15-19, N2, 2023*

*For citation: Badalova F.T. The art of visual communication, its evolution and influence, design thinking. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzUAC, p. 15-19, N2, 2023*

## MÜASİR ŞƏHƏRLƏRİN MEMARLIĞININ KOMPLEKS İNKİŞAFINDA LANDŞAFT AMİLİNİN ROLU

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

**Annötasiya.** Məqalədə müasir şəhərlərin memarlığının kompleks inkişafında landşaft amilinin rolu, landşaft memarlığının ekoloji vəziyyətə təsiri, sağlam və estetik keyfiyyətlərə malik şəhərlərin formalaşma prinsipləri tədqiq olunur. Tədqiqat əsnasında landşaft memarlığı nümunələrinin müxtəlif iqlim şəraitinə malik ərazilər, şəhərlərin salınması və ya inkişaf prosesində qoyulan ekoloji tələblərə təsiri müəyyən olunmuşdur. Təhlillərin nəticəsi olaraq müasir şəhərlərin funksional zonalarının layihələndirmə prosesində əsas amillər təyin olunmuşdur. Növbəti illərdə müasir şəhərlərin baş planına landşaft amilinin müsbət təsirinin artırılması istiqamətində dominant məqamlar müəyyən edilmişdir. Tədqiqat sonunda belə nəticəyə gəlik ki, müasir şəhərlərin sosial-iqtisadi, mədəni-tarixi baxımdan inkişafı üçün çoxfunksiyalı, müasir göstəricilərə uyğun və geniş sahəli landşaft memarlığı nümunələrinin layihələndirilməsi vacibdir amillərdən biridir.

**Açar sözlər:** müasir şəhərlər, landşaft memarlığı, şəhər əhalisi, ekoloji vəziyyət, memarlıq elementləri

## THE ROLE OF THE LANDSCAPE FACTOR IN THE COMPLEX DEVELOPMENT OF MODERN URBAN ARCHITECTURE

**Hasanova Farajova Kaklik Alihasan** - Ph.D. in architecture, ass.prof., department of Architectural Design and Urban planning, AzUAC, hasanovafarajovakaklik@gmail.com

**Abstract.** The article discusses the role of the landscape factor in the integrated development of the architecture of modern cities, the influence of landscape architecture on the ecological situation, the principles of the formation of cities with healthy and aesthetic qualities. In the course of the study, the influence of landscape architecture samples on territories with different climatic conditions, environmental requirements imposed in the process of construction or urban development was determined. As a result of the analysis, the main factors in the process of designing the functional zones of modern cities were identified. In subsequent years, points were identified for consideration in the direction of increasing the positive impact of the landscape factor on the master plan of modern cities. At the end of the study, we come to the conclusion about the importance of designing samples of multifunctional and extensive landscape architecture for the development of modern cities from the socio-economic and cultural-historical points of view.

**Keywords:** modern cities, landscape architecture, urban population, ecological status, architectural elements

**Giriş.** Şəhər ərazisinin məkan təşkili prosesində iştirak edən memarların müxtəlif elementlər vasitəsilə layihələndirdiyi silsilə və müxtəlif çeşidli landşaft kompozisiyaları baş planın əsasını təşkil edir. Bu proseslərdə çoxçeşidli bitki qrupları və memarlıq elementlərinin vəhdəti müxtəlif relyefə malik ərazilərin funksionallıq səviyyəsini yüksəldir. Təbii ki müasir standartlara uyğun landşaft memarlığı nümunələrinin layihələndirilməsi və mövcud baş planın təkmilləşmə prosesi vəhdət təşkil etməlidir. Müasir şəhərlərin təkmilləşdiriləcək baş planının strukturunda mövcud bağ-park zonaları, bura daxil elementlərin formalaşma, təsnifat prosesi yüksək dəqiqliklə icra olunmalı və şəhərin coğrafi mövqeyi, ekoloji vəziyyəti nəzərə alınmalıdır.

Ötən əsrin 20-90-cı illərində Azərbaycanın orta və kiçik şəhərlərində daha çox mövcud landşaft memarlığı nümunələrinin abadlaşdırılması məsələsi aktual idi. Daha çox yaşayış məntəqələri, əhalinin yaşayış və istirahət fəaliyyətləri arasında sağlam ekoloji mühitin təmin edilməsi ilə bağlı idi. Həmin dövrdə şəhərlərin baş planlarında landşaft strukturu kompakt formada həll olunurdu. Bu daha çox şəhər ərazisinin təbii-iqlim şəraitinin inkişafı ilə əlaqəli idi.

1990-cı illərdən sonra Azərbaycan şəhərlərinin landşaft memarlığı nümunələrinə xüsusi diqqətlə yanaşıldı. Buna əlavə olaraq, həmin illərdən başlayaraq baş planların keyfiyyətində də mühüm dəyişikliklər baş verdi, şəhərlərin ekoloji inkişafı üçün şəhərlər və onlarla əlaqəli ərazilərin yaşıllıq sxemində ardıcılıq sxemi yaradıldı [7].

**Metodlar.** Son onilliklərdə baş vermiş ekoloji dəyişikliklər təbii landşaft amilinə ciddi şəkildə təsir edib. Müasir şəhərlərin kompleks inkişafına uyğun layihələrin tərkibində mövcud landşaft amilinin səmərəli istifadəsi vacibdir. Müasir şəhərlərin gələcək inkişafı üçün ekoloji təmiz xidmət texnologiyalarının şəhərin plan strukturuna daxil etmək doğru addım olardı.

Bağ-park landşaftı anlayışı tarixən iki istiqamətin təsiri ilə formalaşmışdır. Bunlardan birincisi təbii landşaft gözəlliyini qeyd etmək üçün yaranan bağ-park landşaftı, daha çox peyzaj landşaftı istiqamətidir.

Digər bir istiqamət memarlığa yönəlmişdi, forma və rənglərin dekorativ birliyi vasitəsilə landşaftın ən möhtəşəm bədii təsvirini yaratmaq istəyi və yaşıllıq örtüyünü digər tikinti materialları kimi forma, material və rəng olaraq qəbul edilirdi [12].

Dünyanın bütün meqapolislərində şəhər əhalisi həyat tempinin təsiri ilə təbiətlə sıx ünsiyyətdə olmaq imkanına malik deyil. Hətta, memarlar təqdim etdiyi layihələrin memarlıq-planlaşdırma strukturu və baş planını maksimum təbii elementlərlə zənginləşdirməyə çalışır. Yaşayış məskənlərinin təbii və ya süni su hövzələrinin yaxınlığında salınmasına xüsusi diqqət yetirilir. Təbii landşaft amillərinin ərazinin yaşıllıq sxeminin yaradılması və mühafizəsi maksimum nəzərdə tutulması mütləqdir [3].

Azərbaycan ərazisinin iqlimi rəngarəng və müxtəlifdir. Respublika ərazisini dağlıq bölgələr təşkil edir. Bu göstəricilər əsasən, düzənlik ərazi-40,1%, dağətəyi-17,5%, dağlıq və yüksək dağlıq ərazilər-42,4 %-ə bərabərdir. Bu da ölkədə həm kənd təsərrüfatının inkişafı, həm də müasir şəhərlərdə landşaft memarlığı obyektlərinin layihələndirilməsinə ciddi təsir edir.

Dağlıq və dağətəyi qurşaqlara yüksəldikcə yağıntı miqdarının artdığı müşahidə olunur. Təbii ki, bu halda torpağın nəmliyi artır və nəticədə hava temperaturu düşür bu da insan orqanizminə mənfi təsir edə bilər [2]. Respublikamızda həm böyük, həm də kiçik şəhərlərin müasir inkişafına xüsusi diqqət yetirilir. Bu şəhərlərin relyef ərazilərində yuxarıda qeyd olunan bütün nüansları nəzərə almaq vacibdir.

Rekreasiya zonalarının əsası olan yaşıllıq örtüyü sağlam və estetik şəhərlərin özəyini təşkil edir. Müasir iri şəhərlərin əhalisi asudə zamanını təbii mühit və rəngarəng landşaft memarlığı nümunələrinin bütövlük yaratdığı ərazilərdə keçirməyi üstün tutur. Bu ərazilər gələcək nəsillərin fiziki və mental sağlamlığının təminatında önəmli rol oynayır [4]. Eyni zamanda, şəhər əhalisinin vaxtının səmərəli təşkili ümumilikdə, şəhərin sosial-mədəni həyatında inkişaf perspektivləri yaradır.

Təbii resursların effektivliyinin artırılması təbiət və cəmiyyətdə baş verən prosesləri nəzərə almaqla mümkün ola bilər. Ekologiya öz üzərinə təbii komplekslərin fəaliyyətinin qanunauyğunluğuna olan nəzarəti götürür, həmçinin təbiətdən rəşional istifadənin nəzəriyyəsini təhlil edir [5]. Ümumiyyətlə, keçmiş təcrübələri təhlil etmədən yeni landşaft layihələri təqdim etmək ekoloji baxımdan doğru deyil [10].

Landşaftın zənginliyini tələb edən amillər sırasında kompozisiya quruluşundan əlavə, atmosferin vəziyyətini də qeyd edə bilərik. Daha dəqiq desək:

- Atmosfer havasının kimyəvi kirlənməsi;
- Atmosfer havasının fiziki kirlənməsi (radioaktiv fon, elektromaqnit şüalanma, istilik kirlənməsi);
- ətrafdakı tikintilərin əraziyə əks etdirdiyi səs-küy və vibrasiyalar [9].

Müasir ekologiyada bir-biri ilə sıx əlaqədə olan iki anlayış formalaşmış-şəhərlərin ekologiyası (urboekologiya) və şəhər əhalisinin ekologiyası.

Şəhərlərdə yaşayış məntəqələrinin salınmasında qarşıya qoyulan ekoloji-gigiyenik tələblər bunlardır:

- Mikroiklim, istidən mühafizə və insolyasiya, aerasiya üçün münbit şəraitin yaradılması, ərazidə hava axınının idarə edilməsi;
- Nəqliyyatın yaratdığı səs-küy, zərərli tüstülərdən mühafizə;
- ərazinin abadlaşdırılması və yaşıllıq örtüyü ilə təminatı [11].

Yuxarıda qeyd edilən məqamları nəzərə alsaq, landşaft amilinin müasir şəhərlərin strukturu və ekoloji vəziyyətinə əhəmiyyətli dərəcədə təsirini görürük. Gələcəkdə nəzərdə tutulan

**Nəticələr.** Şəhər parklarının layihələndirmə prosesində relyefin plastikliyi, su hövzələri və bitkilərin xüsusiyyətləri əsas nəzərə alınan amillərdir. Bu ərazilərin estetik vəziyyət alması üçün relyefin səviyyə xüsusiyyətləri, terras pillələri, çıxıntılar, təpələr və ovalıqlar kimi amillərə birbaşa diqqət yetirilməlidir.



**Şəkil 1.** Braziliya, San Paulo, Friedrix Bayer körpüsü (fragment) [8]

Dünyanın bütün inkişaf etmiş ölkələrində landşaft memarlığının həlli “ağıllı” texnologiyalarla dəstəklənir. Park və bağlar, meydanlar, xiyabarlarda əhalinin rahat hərəkəti təmin edilməklə yanaşı həmin ərazidə istirahətinə də imkan yaradılır. Beləliklə, meqapolislərin əhalisi sıx iş tempinin təsirindən müəyyən qədər uzaqlaşa bilər və ətrafdakı landşaft fərqli nümunələri elementləri ilə tanış olur.

Parklarda su hövzələri böyük əhəmiyyət daşıyır. Belə ki, sakit və ya dinamik (fontanlar) su hövzələri parkın və relyefin xüsusiyyətlərini daha estetik formada təqdim edir [8].

Braziliyanın San Paulo şəhərində salınmış Friedrix Bayer körpüsü müasir şəhərlərdə landşaft memarlığı və innovativ metodların müsbət tandeminin nümunəsidir. Körpü, Pineyros çayı və kanal axını üzərində mövcud Quarapiranq su anbarının birləşməsində yerləşir. Çayın yaxınlığındakı velosiped yollarını genişləndirməklə yanaşı, şəhər əhalisi və şəhərdən kənar yaşayan əhalinin yaxınlıqdakı metro stansiyasına giriş-çıxış təmin edir (Şəkil 1).

Körpü ətrafda mövcud landşaftın daha rahat seyr edilməsi üçün imkan yaradır. İki polad ada 90 metrlik keçid üçün pillə funksiyasını yerinə yetirir. Bu həm daşıyıcı konstruksiya baxımından əlverişlidir, həm də şəhər əhalisi və turistlər hərəkətə maneə yaratmadan təmiz havadan zövq ala bilər. Adalar beton sütunlara bərkidilib və üzərini yaşıllıq örtüyü bəzəyir (Şəkil 2). Tikinti zamanı çay nəqliyyatı da nəzərə alınmışdır. Belə ki, ehtiyac olduğu təqdirdə körpü müxtəlif istiqamətlərdə açılıb, bağlana bilər [13].



Şəkil 2. Braziliya, San Paulo, Friedrix Bayer körpüsü [13]

**Müzakirə.** Landşaft memarlığının müasir şəhərlərin kompozisiya quruluşuna müsbət təsirindən əlavə, həm də ekoloji vəziyyət, insanların asudə vaxtının səmərəli keçirilməsində rolunu haqqında qeyd etdiyimiz zaman maraqlı nümunələr sırasında Bakı şəhəri, Vaqif prospektində salınmış Dədə Qorqud parkı yer alır. 6 hektar sahəni əhatə edən park 2013-cü ildən şəhər əhalisi və qonaqların istifadəsinə verilmişdir. Parkın yaxınlığında yaşayış zonası, universitet, ictimai və mədəni-məişət zonaları cəmlənib. Eyni zamanda yuxarıda qeyd olunduğu kimi parklarda mühüm funksional zona sayılan süni su hövzəsi və üzərində körpü yaradılmışdır. Bu da öz növbəsində ətrafdakı zonaları sıx nəqliyyat yollarının mənfi təsirindən müəyyən dərəcədə mühafizə edir. Şəhər əhalisi və turistlər su hövzəsinin ətrafını piknik zonası olaraq da istifadə edir. Burada mövcud idman zonasının göl mənzərəsi ilə əhatələnməsi də müsbət haldır. Ümumiyyətlə parkın kompozisiyasının su hövzəsinin ətrafında cəmləndiyini qeyd edə bilərik (şək.3).



**Şəkil 3.** Bakı şəhəri, Dədə Qorqud parkı

Azərbaycanın ən iri şəhəri Bakıda müasir park, bağ və digər rekreasiya zonalarının sayı hər il artır. Daha bir müsbət məqam onların sahəsinin digərindən daha geniş və funksional zonalarının sayının artmasıdır. Ölkəmizdə layihələndirilən yeni parklarda müasir texnologiyaların tətbiqi ilə yanaşı kompozisiya həllinin yerləşdiyi ərazinin relyefinə uyğunlaşdırılmış formada olması müsbət nüanslar sırasındadır.

Təhlillər apardığımız zaman şəhər sakinləri ilə yanaşı hər il daha çox qonaqların bu zonalara axın etdiyini müşahidə edə bilərik. Müasir şəhərlərin inkişaf perspektivinin əsasında ilk sıralarda məhz bu amillər dayanır.

Məqalədə təhlil olunan məqamları nəzərə alaraq, müasir şəhərlərin kompozisiya həlli və strukturunun inkişafı üçün zəngin funksional zonalara malik landşaft memarlığı nümunələrinin layihələndirilməsinin önəmli olduğunu qeyd edə bilərik.

### Ədəbiyyat

1. Ələsgərov İ.H. Bakı şəhərinin şəhərsalma mədəniyyəti. Təhsil nəşriyyatı, Bakı, 144s. 2023
2. Həsənova-Fərəcova K.Ə. Kiçik yaşayış məntəqələrinin istehsal zonaları. Bakı, 176s. 2007
3. Həsənova-Fərəcova K.Ə. Müasir yaşayış komplekslərinin meqapolis şəhərlərin təşkilində rolu. Scientific works/Elmi Eserlər, AzUAC, p.18-22, №2, 2022  
<https://azmiu.edu.az/upload/ckeditor/55765162.pdf>
4. Mustafayeva F.V. İri şəhərlərdə parkların layihələndirmə prosesinə təsir edən sosial və ekoloji aspektlər. Scientific works/Elmi Eserlər, AzUAC, 36-40p, №1, 2022  
<https://azmiu.edu.az/upload/ckeditor/575254293.pdf>
5. Бродского А.К. Обshaja jekologija (5-е издание). Москва, Академия, 256с.2010
6. Гасанова А.А. Проблемы геологии городов Азербайджана. Баку, "Jelm", 350с. 2003
7. Гасанова А.А. Сады и парки Азербайджана (фотокнига). Баку, "Ishyg", 304с. 1996
8. Николаев В. А. Ландшафтоведение:эстетика и дизайн. Москва, "аспект", 176с. 2005
9. Лыкевич В.К., Конова Л.И. Учет природно-климатических условий местности в архитектурном проектировании: учебно-методические указания к курсовой расчетно-графической работе М.: МАРХИ, 44с. 2011
10. Прохоров Б.В. Social'naja jekologija (6-е издание). Москва, "Академия", 320с. 2012
11. Прохоров Б.В. Jekologija cheloveka (5-е издание). Москва, "Академия", 432с. 2010
12. Рубцов Л. И. Деревья и кустарники V архитектура. Киев, "Наукова думка", 270с.1977
13. [divisare.com/projects/273235-loebcapote-arquitetura-e-urbanismo-friedrich-bayer-bridge](https://divisare.com/projects/273235-loebcapote-arquitetura-e-urbanismo-friedrich-bayer-bridge)



**References**

1. Elesgerov İ.H. Bakı sheherinin shehersalma medeniyyəti. Tehsil neshriyyati, Bakı, 144s. 2023
2. Hesenova-Ferecova K.E. Kichik yaşayış məntəqlərinin istehsal zonaları. Bakı, 176s. 2007
3. Hesenova-Ferecova K.E. Müasir yaşayış komplekslərinin meqapolis şəhərlərin təşkilində rolu. Scientific works/Elmi Eserlər, AzUAC, p.18-22, №2, 2022  
<https://azmiu.edu.az/upload/ckeditor/55765162.pdf>
4. Mustafayeva F.V. İri şəhərlərdə parkların layihələndirmə prosesinə təsir edən sosial və ekoloji aspektlər. Scientific works/Elmi Eserlər, AzUAC, 36-40p, №1, 2022  
<https://azmiu.edu.az/upload/ckeditor/575254293.pdf>
5. Brodskij A.K. Obshhaja jekologiya (5-e izdanie). Moskva, "Akademija", 256s. 2010
6. Gasanova A.A. Problemy jekologii gorodov Azerbajdzhana. Baku, "Jelm", 350s. 2003
7. Gasanova A.A. Sady i parki Azerbajdzhana (fotokniga). Baku, "Ishyg", 304s. 1996
8. Nikolaev V. A. Landshaftovedenie:Jestetika i dizajn. Moskva, "Aspekt", 176s. 2005
9. Lickevich V.K., Konova L.I. Uchet prirodno-klimaticheskix uslovij mestnosti v arhitektornom proektirovanii: uchebno-metodicheskie ukazaniya k kursovoj raschetno-graficheskoy rabote M:MARHI, 44s. 2011
10. Prohorov B.B. Social'naja jekologiya (6-e izdanie). Moskva, "Akademija", 320s. 2012
11. Prohorov B.B. Jekologiya cheloveka (5-e izdanie). Moskva, "Akademija", 432s. 2010
12. Rubcov L. I. Derev'ya i kustarniki v arhitekture. Kiev, "Naukova Dumka", 270s. 1977
13. [divisare.com/projects/273235-loebcapote-arquitetura-e-urbanismo-friedrich-bayer-bridge](https://www.divisare.com/projects/273235-loebcapote-arquitetura-e-urbanismo-friedrich-bayer-bridge)

*Mustafayeva F.V. İri şəhərlərdə müasir parkların dayanıqlı rekreasiya potensialı. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzMIU, s. 20-25, N2, 2023*

*Mustafayeva F.V. Sustainable recreational potential of modern parks in large cities. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzUAC, p. 20-25, N2, 2023*

## ЖИЛЫЕ ДОМА ГОСУДАРСТВЕННОГО ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО ЗАПОВЕДНИКА ИЛИСУ

**Гамбар Нигяр Натик**- ассистент-педагог, кафедры Архитектурные конструкции и реставрация памятников, АЗУАС, nigar.gambar@gmail.com

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию архитектурно-строительных особенностей Государственного Историко-Культурного Заповедника Илису. На фоне рассмотрения ландшафта и природной среды Илису раскрываются характерные черты архитектурно-пространственной композиции села, его архитектурно-планировочная структура, а также характеристика использованных строительных материалов, особенности интерьера и внутреннего убранства домов. В статье на примере жилых домов, расположенных в квартале Гарадолаг - дома Годжаевых, Керимовых, Халиловых, Алимовых и Хасиловых, автор отмечает их как наиболее значимые строения в селе с точки зрения архитектуры и эстетики. Указывается также, что все эти жилые дома и другие памятники архитектуры были построены из местных материалов – камня, речного булыжника, известкового раствора и обожженного кирпича, а крыши покрыты черепицей. В статье особо подчеркнуто, что *Государственный историко-культурный заповедник Илису*, наряду с отражением архитектурных особенностей Азербайджана, отличается своеобразием и уникальностью, неповторимым архитектурным стилем.

**Ключевые слова:** Государственный Историко-Культурный заповедник Илису, архитектурно-пространственная композиция, архитектурно-планировочная структура, интерьер, строительные материалы, памятники архитектуры, арочные входные двери, балконы, каменные таблички

## RESIDENTIAL HOUSES OF THE ILISU STATE HISTORICAL AND CULTURAL PRESERVATION

**Gambar Nigar Natiq**- lecturer, department of Restoration of Architectural structures and monuments, AzUAC, nigar.gambar@gmail.com

**Absrtact.** The article is dedicated to the study of architectural and construction features of the Ilisu State Historical and Cultural Preservation. The study of landscape and natural surroundings of Ilisu demonstrates characteristic features of spatial composition of the village, its architectural planning structure, along with specific features of the usage of construction materials, interior design and decorations. The author emphasizes the residential houses in the Garadolag neighborhood, specifically the Gojayevs' house, the Karimovs' house, the Khalilovs' house, the Alimovs' house, the Hasilovs' house as the most prominent architectural monuments of the village due to their architecture and aesthetics. The author also notes that these residential houses and other architectural monuments are built from local construction materials – stone, river cobblestone, calcimine, burnt brick, while the roofs are covered with tile. The article emphasizes that the Ilisu State Historical and Cultural Preservation reflects the architectural features of Azerbaijan, while also distinguishing itself for its unique architectural style.

**Keywords:** Ilisu State Historical and Cultural Preservation, architectural spatial composition, architectural planning structure, interior, construction materials, architectural monuments, arched front door porticos, balconies, stone nameplates

**Введение.** Илису по праву считается одним из интереснейших с архитектурной точки зрения сел Азербайджана, которому присущи необычная красота ландшафта и природной среды. Илису вместе с селами Сарыбаш, Акчай и Гахбаш составляют территорию историко-культурного заповедника.

Само село Илису в целом представляет собой культурный исторический памятник. Несмотря на то, что построенные здесь жилые дома отражают архитектурные особенности Азербайджана, есть и уникальные факторы. Например, природные условия и местные строительные материалы были основными факторами, определяющими формирование архитектуры жилых домов. Дошедшие до нас жилые дома Илису относятся к концу XVIII – началу XIX вв. и имеют свой неповторимый архитектурный стиль. Они отражают рациональную планировку, композицию и конструктивные приемы, усовершенствованные в течение длительного периода времени. Хотя жилые дома отличаются своей индивидуальностью, здесь заметна тесная связь их монументальных форм с масштабным горным ландшафтом. Дома, как правило, высокие, с толстыми стенами, с высоким мастерством выстроены из *тесаного камня - булыжника*. Кроме того, использование при строительстве зданий плоских камней, известкового раствора и глинистого грунта значительно повышает устойчивость домов к подземным толчкам. Каждый дом в селе по-своему красив, вне зависимости от размера - большой он или маленький. Это объясняется их компактными формами, правильно найденными пропорциями и мелкими архитектурными деталями на фасаде.

**Основная часть.** Отметим, что главная улица Илису является основной планировочной осью села. Эта улица является продолжением дороги из Гаха в Илису. Она начинается с места под названием «Сангар» на въезде в село и идет вверх до его вершины. В зависимости от рельефа площади села располагаются там, где расширяется главная улица. Почти все второстепенные улицы пересекаются примерно под прямым углом с главной улицей, образующей композиционную ось плана села. Такой способ планировки вытекает из ограниченности земельного участка, пригодного для строительства, тем не менее, площадь умело использовалась для строительства жилых домов. Природные формы играли активную роль во внешней панораме и архитектурно-пространственной композиции Илису.

Жилая часть села Илису разделена на девять кварталов (махалла), в том числе Сангармахалла, Буджагмахалла, Дабагмахалла, Баджармахалла, Гарамахалла, Гарадолагтабун, Товлаталатабун, Бейтабун, Сарылар обасы [1]. Интересно, что местные жители села называли все эти кварталы как "табун", что является древнетюркским вариантом: "Сангер табун", "Буджаг табун", "Гарадолаг табун" и т.д. Каждая махалла сама по себе является особой жилой и хозяйственной единицей. Она состоит из отдельных особняков, домов и небольших дворики, соединенных улицами и переулками. Форма кварталов соответствует общей архитектурно-планировочной структуре села. Хотя они и отличаются размерами, но схожи архитектурным решением и общим видом. Красные черепичные крыши жилых домов и зелень дворов придают особый колорит застройке кварталов и архитектурному облику села в целом, делая его еще более выразительным. Привлекает внимание пропорциональность улиц и площадей, кварталов, масштаб зданий, целостность архитектурного силуэта.

Известно, что в селе Илису было 9 мечетей, 7 из которых сохранились до нашего времени. Они являлись общественными центрами кварталов, играли большую роль в духовной и социальной жизни села. Здесь совершались религиозные обряды, проводились культурно-просветительские мероприятия. Небольшие квартальные мечети по своей архитектуре напоминают жилые дома.

Стены жилых домов сложены из зеленовато-серого грубого булыжника, а также прямоугольных тесаных камней на известковом растворе. В некоторых случаях, помимо камня, в небольшом количестве использовали также обожженный красный кирпич. Хотя эта техника кладки не была широко распространена в селе Илису, она была характерна для архитектуры Кавказской Албании [2], и эта древняя традиция получила широкое распространение в зодчестве Илисуиского султаната и Джаро-Балаканской вольных общин.

Жилые дома Илису в основном прямоугольные в плане, а также изредка можно встретить дома, построенные в «Г» и «П»-образной формах.

Независимо от планировочного решения, во всех домах балконы являлись основным композиционным элементом дворовых фасадов; они обычно выходили на юг и юго-восток, их устанавливали с одной, а иногда и с двух сторон дома. Балконы, выходящие на улицу, арочные входные двери, каменные тумбы (сиденья) по обеим сторонам дверей также являлись основными архитектурными особенностями этих домов. Художественная обработка деревянных элементов (колонн, арок) в глубоко затененных балконах делала облик жилых домов еще более красивым. В летние месяцы балконы использовались как дополнительные жилые помещения. Неотъемлемой частью интерьера был вид из комнат на природный ландшафт, который придавал архитектуре жилых домов эстетические качества, невозможные достичь иными средствами.

Следует отметить также, что многие черты, характерные для азербайджанских народных домов, такие как балконы, внутренние полки (тахча) интерьера, внутрискрипный камин (бухара) и ниши, в старых домах Илису были оформлены в соответствии с конкретными условиями данного региона. Бухары были предназначены для вентиляции пара летом и подогрева зимой. Эта часть интерьера являлась самым торжественным местом в домах и выделялась богатым красочным орнаментированным декором с зеркальными вставками [1].

Важным архитектурным элементом жилых домов являются арочные входные двери или ворота. Такие двери обычно делались в виде полукруглой или стрельчатой арок, вписанных в прямоугольную раму. По бокам дверного проема, чуть глубже плоскости фасада, на стенах располагались специальные каменные скамейки-сиденья. Эти композиционные акценты влияли на общий ансамбль жилых домов, а также улиц, где эти дома располагались.

Большинство домов имеют каменные таблички на арабском языке у входной двери, при этом некоторые надписи на них можно четко увидеть только при влажных условиях. На этих надписях выгравированы даты постройки домов, имена владельцев и мастеров. Среди жилых домов, расположенных в квартале Гарадолаг, дома Годжаевых, Керимовых, Халиловых, Алимовых и Хасиловых с точки зрения архитектуры и эстетики относятся к числу наиболее значимых архитектурных строений в селе. Все эти жилые дома и другие памятники архитектуры построены из местных материалов – камня, речного булыжника, известкового раствора и обожженного кирпича, а крыши покрыты черепицей.

В качестве примера можем рассмотреть жилой дом Годжаевых, который является одним из старинных и в то же время интересных с архитектурной точки зрения домов села. Надпись каменной таблички на арабском языке, установленный с левой стороны входной двери, указывал на то, что дом был построен Хаззал-беем в 1883 году. Важным архитектурным элементом данного дома является сооруженная с большим мастерством из тесанных камней парадная входная дверь или ворота со стрельчатой аркой, обрамленная прямоугольной рамой. По бокам дверного проема, который несколько глубже уровня фасада, на стенах установлены специальные скамьи для сидения. По традиции, характерной для данного региона, при строительстве здания использовались тесаные и обычные камни и известковый раствор. Особое внимание привлекает выходящий на улицу балкон, расположенный чуть левее над воротами, а внутренний балкон дома сравнительно больше и шире. В летние месяцы балконы использовались как дополнительные жилые помещения. Художественная обработка деревянных элементов (колонн, арок) балкона делает внешний вид дома еще более привлекательным.

Среди привлекательных с архитектурной точки зрения домов можно отметить также дом шейха Махмуда Эфенди, расположенный в селе Алмалы. Он сохранился до наших дней, но подвергся существенной реконструкции. В этом доме в конце XIX – начале XX века жил видный священнослужитель и известный ученый шейх Махмуд Эфенди. В данный момент дом является одним из мест паломничества тех, кто поклоняется духу шейха.

Дом Кязымовых представляет собой традиционный антовый дом с комнатами, выстроенными вдоль эйвана. Эйван первого этажа меньше по высоте и проще по

конструкциям. Что касается эйвана второго этажа, то он является довольно большим пространством, который ограничен деревянными колоннами, соединенными декоративной деревянной аркатурой с трехлопастным рисунком. Стены, возведенные из бутового камня на известковом растворе, завершаются перекрытой черепицей скатной крышей. Уличный фасад решен более монументально: имеются два арочных сквозных входа, один из которых парадный. При строительстве фасада дома, имеющего интересную конструкцию арки, использовалась кладка из тщательно обработанных камней. Художественную выразительность фасаду придает несущая полуциркулярная арка с люнетом, имеющим трехлопастный рисунок. Интерьер, выполненный с применением реф, ниш и бухары, является традиционной для Шеки-Загатальского региона формой. В этом смысле особое внимание привлекает бухара на втором этаже, орнаментированный красочным декором [3].

Что касается построенного в XIX веке в квартале Гарадолаг дома Керимовых, то он почти единственный дом в Илису, сохранивший без изменений первоначальный вид мансарды, черепичной крыши, карнизов, лестниц, балконов, потолка и пола. Поэтому жилой дом имеет образцовое значение при реставрации других подобных жилых домов, расположенных в селе Илису.

Построенный в XIX веке жилой дом Халиловых в квартале Гарадолак (1870-1880 гг.) сооружен из тесаного и обычного булыжника на известковом растворе. Немного правее железных ворот имеет балкон, выходящий на улицу. Благоустроенный дом находится в эксплуатации, собственником и владельцем дома является Халилов Хабибулла.

Одним из интереснейших древних поселений Гахского района, имеющего своеобразную архитектурно-планировочную структуру, является село Сарыбаш. Согласно источникам, в Сарыбаше было 149 дворов [4]. Являясь редким историческим памятником со своими поселениями, кварталами, делением населения на табуны, тохумы и семейства, Сарыбаш отличается историко-архитектурными особенностями, традиционным укладом и географической средой. Оно имеет своеобразные формы улиц, домов, а его жителям присущи специфические антропологические черты.

Некоторые сооружения села имеют историко-архитектурную ценность. Примером может служить мечеть гаджи Таптыга, предположительно датируемый XVII – XVIII вв. и бекский дом Гаджихалилушагы середины XIX в. Этот дом выделяется изяществом фасада, обращенного на юг, в сторону равнины, что характерно для домов Сарыбаша. По словам местных жителей, в последний раз дом был отреставрирован в 1909 году мастером Азизом. Предназначенный для хозяйственных нужд и прислуги первый этаж не отличается особым изыском и решен скромно. Что касается второго этажа, то он выделяется декоративной обработкой и превосходит его по высоте. Искусно декорированный эйван на высоких тонких колоннах привлекает особое внимание. «Деревянные колонны обработаны каннелюрами и имеют в верхней части капитель, состоящую из двух тонких профилированных колец, опоясывающих остов опор, и восьмигранной абаки над верхним кольцом. На них опираются легкие деревянные лотосообразные элементы, которые, смыкаясь, образуют подобие аркады с красивым стрельчатым рисунком»[3]. Высокий деревянный ажурный карниз, над которым возвышается черепичная кровля, завершает конструкцию перекрытия над эйваном. Изящество эйвану придает металлическое ажурное ограждение, чем подчеркивает вертикальные пропорции всего фасада. Строительным материалом послужил бутовый камень на известковом растворе и дерево. Ограда дома с входным порталом построена из искусно обтесанных камней. Справа и слева от входа имеется эпитафия с арабской вязью. Что касается других старых жилых домов Сарыбаша, то они аналогичны по композиции, но более простые по декоративному убранству.

**Заклучение.** Таким образом, можно отметить, что Государственный Историко-культурный заповедник Илису, представляющий собой культурный исторический памятник, наряду с отражением архитектурных особенностей Азербайджана, отличается своеобразием и уникальностью ряда факторов, неповторимым архитектурным стилем. Это отразилось в рациональной планировке, композиции и конструктивных приемах, усовершенствованных в течение длительного периода времени. Значительным влиянием на формирование архитектурного ландшафта Илису оказывали также природные условия и традиционные местные строительные материалы.

#### **Литература.**

- Э. М. Лятифова. Илисуйское султанство. 159 с. 174 с. Şərq-Qərb 2010
- В. Г. Мурадов. Неисследованные памятники архитектуры сел. Илису Кахского района Азербайджанской ССР. Известия АН Аз. ССР, СЛЯИ, 1980 №3
- Памятники архитектуры северо-западного региона Азербайджана. Гюльчохра Маммедова, Сабина Гаджиева. 144 с., 154 с. Şərq-Qərb, 2014
- Mahmudov Y.M. Şimal Qərbi Azərbaycan. Bakı: Şərq-Qərb, 2011.

*Məqaləyə istinad: Gəmbər N.N. Жилые дома государственного историко-культурного заповедника Илису. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzMİU, s. 26-30, N2, 2023*

*For citation: Gambar N.N. Residential houses of the Ilisu state historical and cultural preservation Elmi Əsərlər/Scientific works, AzUAC, p. 26-30, N2, 2023*

## ГРАФИЧЕСКАЯ РИТОРИКА: ИСКУССТВО УБЕЖДЕНИЯ В ДИЗАЙНЕ ПЛАКАТОВ

**Гасанова Лейла Фарман** – доктор философии по архитектуре, старший преподаватель, кафедры Графический и Медиа дизайн, АзАСУ, leyla.hasanova9@gmail.com

**Аннотация.** Успех визуальной коммуникации зависит от того, как дизайнер привлекает целевую аудиторию и достигает нужной реакции. Иногда сообщение требует мгновенного действия и должно быть ясным и простым, лишенным двусмысленности. Чаще всего визуальный образ используется для вызова определенного эмоционального состояния у зрителя, которое позволяет ему лучше воспринять предназначенное сообщение. Четкий и мощный визуальный стиль необходим дизайнеру, чтобы точно передавать информацию. Таким образом, тон визуального языка играет важную роль в формировании определенной формы и риторики дизайнерского высказывания. Риторика является искусством убеждения через слова. Однако, ее роль не ограничивается только устным выражением. Визуальная коммуникация, особенно в графическом дизайне, также полна элементов риторики, которые могут воздействовать на аудиторию и передавать конкретные сообщения. Чтобы построить сильную риторическую речь, древние философы использовали что-то родственное современному дизайнерскому мышлению, чтобы определить и уточнить категории сообщения, аранжировки, стиля, памяти и подачи в убедительном диалоге. Графические дизайнеры — это своего рода коммуникаторы, которые визуальным образом озвучивают новые провокационные идеи, создавая графические изображения, которые могут информировать, убеждать, побуждать к действию или же развлекать миллионы людей. Предоставление визуального голоса символам и знакам связано с огромной ответственностью, и необходимо осознавать роль медиа дизайна в формировании общественной идеологии и миропонимания. В контексте визуальной коммуникации, риторика играет важную роль в создании эффективных дизайнерских решений. Это искусство убеждения через визуальные элементы и композицию, которые формируют определенные эмоциональные и когнитивные реакции у зрителей. Данная статья рассматривает приемы использования элементов риторики, методы использования этих приемов, и предлагает руководство для распознавания и включения этих элементов в визуальных обращениях.

**Ключевые слова:** графическое искусство, медиа дизайн, риторика, визуальный язык, аллегория, метафора, аргументация сообщения, интерпретация сообщения

## GRAPHIC RHETORIC: THE ART OF PERSUASION IN POSTER DESIGN

**Hasanova Leyla Farman**- PhD in architecture, senior Lecturer, department of Graphic and Media Design, AzASU, leyla.hasanova9@gmail.com

**Annotation.** The success of a visual communication depends on how the designer engages the target audience and achieves the desired reaction. Sometimes a message needs instant action and should be clear and simple. Most often, a visual image is used to evoke a certain emotional state in the viewer, which allows him to better perceive the intended message. A clear and powerful visual style is essential for a designer to convey information accurately. Thus, the tone of the visual language plays an important role in shaping the specific form and rhetoric of the design statement. Rhetoric is the art of persuasion through words. However, its role is not limited to oral expression only. Visual communication, especially in graphic design, is also full of elements of rhetoric that can impact the audience and convey specific messages. To build powerful rhetoric, ancient philosophers used something akin to modern design thinking to define and refine the categories of message, arrangement, style, memory, and presentation in a persuasive dialogue graphic images that can inform, persuade, inspire or entertain millions of people. Giving a visual voice to symbols and signs

is associated with a huge responsibility, and it is necessary to be aware of the role of media design in shaping public ideology and worldview. In the context of visual communication, rhetoric plays an important role in creating effective design solutions. It is the art of persuasion through visual elements and composition that form specific emotional and cognitive responses in viewers. This article examines the techniques for using elements of rhetoric, methods for using these techniques, and provides guidance for recognizing and including these elements in visual appeals.

**Keywords:** graphic art, media design, rhetoric, visual language, allegory, metaphor, message argumentation, message interpretation

**Введение.** Успех визуальной коммуникации зависит от того, как дизайнер привлекает целевую аудиторию и достигает нужной реакции. Иногда сообщение требует мгновенного действия и должно быть ясным и простым, лишенным двусмысленности. Чаще всего визуальный образ используется для вызова определенного эмоционального состояния у зрителя, которое позволяет ему лучше воспринять предназначенное сообщение. Четкий и мощный визуальный стиль необходим дизайнеру, чтобы точно передавать информацию. Таким образом, тон визуального языка играет важную роль в формировании определенной формы и риторики дизайнерского высказывания. Данная статья рассматривает приёмы использования элементов риторики, методы использования этих приемов, и предлагает руководство для распознавания и включения этих элементов в визуальных обращениях.

**Методы исследования.** Для изучения риторики визуального языка в графическом дизайне в данной статье используются исторические плакаты разной тематики в качестве эмпирического материала. Исследования учёных и искусствоведов в области плакатного искусства представляют непосредственный интерес для автора статьи. Среди них хотелось бы выделить исследования: Эллен Люттон (Ellen Lupton) - американский дизайнер и куратор, автор книг о дизайне и графическом искусстве; Джеймс Гарфилд (James Garfield) - британский искусствовед, специализирующийся на изучении истории плаката и его роли в культуре и обществе; Дэвид Кунц (David Kunzle) - американский искусствовед и историк, специализирующийся на изучении политического плаката и его роли в социальных движениях; Клэр Гилман (Claire Gilman) - куратор и исследователь в области современного искусства и графического дизайна. Это лишь небольшой список современных исследователей и искусствоведов, активно занимающихся изучением плакатного искусства.

**Обсуждение результатов.** Рассмотрим понятие риторики и попытаемся понять его роль в графическом и медиа дизайне. Риторика является искусством убеждения через слова. Однако, ее роль не ограничивается только устным выражением. Визуальная коммуникация, особенно в графическом дизайне, также полна элементов риторики, которые могут воздействовать на аудиторию и передавать конкретные сообщения. Происхождение понятия риторики связано с древними публичным выступлениям в Греции и Риме, где риторика представляла собой навык убеждения публики. Чтобы построить сильную риторическую речь, древние философы использовали что-то родственное современному дизайнерскому мышлению, чтобы определить и уточнить категории сообщения, аранжировки, стиля, памяти и подачи в убедительном диалоге. В визуальной коммуникации же понятие визуальной риторики обычно описывает визуальный тон голоса, выбранный для данной коммуникативной задачи [1,2].

Аристотель утверждал, что способность оратора убеждать аудиторию зависит от его умения обращаться к ней через три различных формы: логос, этос и пафос. Логос, этос и пафос являются важными элементами коммуникации, даже если мы не осознаем их присутствие. Понимая и распознавая логос, этос и пафос в текстах других людей и собственных, мы можем создавать яркие и четкие визуальные сообщения, обращаясь к читателям на разных уровнях. Вместе эти элементы формируют то, что позднее было названо риторическим треугольником. Логос обращается к разуму. Он представляет собой аргументацию и способ, которым писатель поддерживает свою точку зрения. Важно, чтобы информация была ясной и конкретной, аргументы были вескими и основаны на достоверных доказательствах. Логика аргументации



и убедительность доводов информатора также играют важную роль. Это связано с характером информатора и его связью с обсуждаемой темой. Он отражает роль писателя в аргументе и то, как он связывает себя с темой обсуждения. Важно, чтобы автор проявлял уважение к различным точкам зрения и использовал подходящий тон голоса. Пафос обращается к эмоциям, воображению, убеждениям и ценностям. Он может включать в себя эмоциональные аспекты, примеры, детали и образы, чтобы задействовать эмоции и воображение читателя. Писатель также может обращаться к ценностям и убеждениям читателя. [3] Все эти аспекты играют важную роль в коммуникации и воздействии на аудиторию. Разумное использование логоса, убедительное применение этоса и эмоциональное обращение через пафос помогают создать эффективные и убедительные тексты.

Данная схема форм публичного обращения вполне применима и в сфере графического дизайна, где при помощи риторики визуального языка [4] решаются аналогичные задачи передачи информации, вовлечения аудитории в определённую дискуссию интригуя ее внимание. Графические дизайнеры — это своего рода коммуникаторы, которые визуально озвучивают новые провокационные идеи, создавая графические изображения, которые могут информировать, убеждать, побуждать к действию или же развлекать миллионы людей. Предоставление визуального голоса символам и знакам связано с огромной ответственностью, и необходимо осознавать роль медиа дизайна в формировании общественной идеологии и миропонимания. В контексте визуальной коммуникации, риторика играет важную роль в создании эффективных дизайнерских решений. Это искусство убеждения через визуальные элементы и композицию, которые формируют определенные эмоциональные и когнитивные реакции у зрителей [5].

Первым ключевым аспектом риторики в визуальной коммуникации является выбор цветовой палитры. Цвета могут вызывать различные эмоции и ассоциации у людей. Например, яркие и насыщенные цвета могут привлекать внимание и вызывать чувство восторга или энергии, в то время как нежные и пастельные тона могут создавать ощущение спокойствия и гармонии. Комбинирование цветов с целью передать определенное настроение или сообщение - это форма визуальной риторики. Следующим важным элементом риторики в визуальной коммуникации является типографика. Шрифты имеют свою собственную эстетику и стиль, и могут быть использованы для создания определенного впечатления или подчеркивания основной идеи. Выбор правильного шрифта может помочь усилить визуальное воздействие и передать сообщение с нужной интонацией [2,5]. Композиция - еще один важный аспект риторики в визуальной коммуникации. Размещение элементов на плоскости [7], балансировка пространства, использование пропорций и выравнивание - все это влияет на восприятие и понимание зрителя [6]. Правильная композиция помогает установить гармоничное визуальное соотношение и подчеркнуть главные идеи. Необходимо также упомянуть об использовании визуальных метафор и символов. Риторика может включать в себя создание визуальных образов и ассоциаций, которые помогают передать сложные идеи или концепции более простым и доступным способом. Визуальные метафоры и символы могут быть мощным средством воздействия и помогать зрителям легче понять и запомнить информацию.

Рассмотрим и попытаемся определить риторику визуального языка на примере плакатного творчества 19-20 веков. Как единый лист, развернутый и напечатанный только с одной стороны, плакат - это самый простой носитель информации в графическом дизайне. Как область графического дизайна, плакаты относятся к категории презентаций и рекламных материалов, где изображение и текст, связанные единым смыслом должны в то же время быть интригующими и запоминающимися, призывать к действию и вызывать определенные эмоции у зрителя.

Графический дизайн обладает языком с неопределенной грамматикой и постоянно расширяющимся словарным запасом; неточный характер его правил означает, что его можно только изучить, но не усвоить. Мы не всегда можем с точностью интерпретировать риторику его визуального языка, пока не прочтем текст. Ярким примером тому служат первые плакаты на улицах расширившихся европейских городов конца девятнадцатого века. Первые плакаты

были выражением экономической, социальной и культурной жизни общества [8], конкурируя за привлечение внимания покупателей товаров и зрителей театральных выступлений. Внимание прохожих привлекали цвет плаката, контекст изображения и риторика его языка. Их иллюстрации, подкрепленные текстом под определённый контекст, отражали художественную моду того времени и приносили новую эстетику упрощенных изображений, основанную на средствах воспроизведения того времени. До литографии плакаты печатались методом высокой печати, при котором изображение переносилось вручную на плоскую поверхность литографских печатных камней, где для каждого цвета использовался один камень [9]. Иногда количество этих камней доходило до пятнадцати. Таким образом появилась возможность воспроизводить сложный диапазон тонов и цветов масляных картин [3,4], таких как «Мыльные пузыри» (1886), знаменитая картина Джона Милле, которую британский бренд «Pears» использовал для рекламы своего мыла. (Рис.1)



**Рис. 1.** Джон Милле, «Мыльные пузыри», постер компании «Pears»

Таким образом, первыми графическими дизайнерами стали именно художники, которые непосредственно участвуя в самом производстве плакатов получили прямой доступ к процессу воспроизведения своих экспозиций без соблюдения различных технических требований, ограничивающих их творчество. Интеграция художников в индустриальный дизайн в конце 19 века [10] определила риторичность визуального языка плакатного искусства, когда живопись начала служить задачам графического дизайна. Репродукция художника заполняла весь формат плаката, далее располагался текст, именно эта формула– фигура-фон-текст- [8] легла в основу композиционного построения плакатов в Европе и Америке на рубеже веков. Работы Жюль Шере являются ещё одним из примеров интеграции художников в производственный процесс создания плакатов (Рис.2).



**Рис. 2.** Жюль Шере, Лои Фуллер в Фоли-Бержер [10]

Студия Шере занималась репродукцией и печатью его собственных картин, формат которых порой достигал более 2,5 метров, что занимало площадь нескольких листов бумаги. Почти без вариации композиция плаката была проста и состояла из единственной фигуры женщины, нанесенную в натуральную величину и текста, состоящего из одного или двух слов, иногда с использованием слогана. Изображения либо как объективное представление продукта рекламы, либо как символическое представление идеи были редки [11], основное внимание художника было направлено на эстетическую привлекательность и поэтичность плаката. Несмотря на простоту композиций, где изображенные фигуры оторваны от привычной перспективы и витают, не прикасаясь какой-либо поверхности на формате плаката, она обладает сверх повышенной эмоциональностью с преобладанием элементов пафоса, возвышенности и духовности, поэтому риторика данного языка была неясной и открытой для интерпретаций.

Необходимость информировать, а порой и инструктировать многочисленную аудиторию в периоды первой мировой войны выявила существенность риторики визуального языка в дизайне плакатов. Внушительные образы и слоганы новых плакатов призывали к военной службе, использовались для объявлений и пропаганды, для привлечения граждан к военной службе, а порой и использования мирных жителей в военных действиях [12]. Постеры отражали характер риторики где элемент логоса являлся основным инструментом визуального повествования. Здесь использовались риторические приемы рационального обоснования, основанные на аргументации и убеждении, такие как диаграммы, иллюстрации, знаки и символы военной идентификации званий и статуса, которые мгновенно опознавались публикой. Пропагандистские плакаты воюющих стран, апеллирующие к патриотизму и вызывающие чувство вины у тех, кто позволяет другим подвергаться опасности ради них, по характеру риторики были одинаковыми отличались лишь художественные приемы их визуального языка. Работы английских и американских художников отличались прямоотой контекста, где основным инструментом риторики являлся элемент этоса. Здесь военная риторика основывалась на ключевой фигуре оратора – публичного деятеля, указателя истины, идентификатора моральных устоев, выполняющему социально значимую миссию и которому дается право говорить на заданную тему.



Рис.3. Альфред Лит, «Your country needs you». 1914 г [12]

Визуальная постановка плаката отличалась простотой компоновки элементов, где простота изображений, чёткость линий, ровность цвета и теней, выразительный текст создавали гармоничное единство, которое обеспечивало выразительность визуального голоса. Самыми яркими примерами такого жанра плакатного искусства являются работы британского художника Альфреда Лит («Your country needs you». 1914 г.) и американского художника Джеймс Монтгомери Флэгг (автора знаменитого плаката "I want you to U.S. army" 1917). (Рис.

3-4). Попытки использования визуальной метафоры в этих работах редки, основная идея буквально передавалась посредством иллюстраций стереотипных образов военных героев [13] и подкреплялась текстом, не оставляя места для прочих интерпретаций.



Рис. 4. Джеймс Монтгомери Флэгг, "I want you to U.S. army" 1917 г [13]

При изучении истории плакатного искусства и его визуального языка в контексте риторики, заметно, что на ранних этапах развития этого искусства преобладали элементы пафоса и поэтичности, которые придавали риторическому языку плакатов двусмысленность и неопределенность. В более поздние периоды, в эпоху индустриального дизайна, появилась тенденция использовать аллегорическое шифрование сообщений, и пафосная риторика, открытая для свободной интерпретации, уступила место более конкретному тону визуального аргументирования, где метафора стала средством выражения идей, повышая потенциал и возможности визуального языка.

Французские дизайнеры периода первой мировой войны несмотря на пропагандистскую природу своих плакатов, активно использовали аллегоричные образы с целью передачи идеи милитаризма через романтическое представление военных героев. На этих плакатах прием визуального обращения к публике основан на элементе пафоса, где описывается путь героя, его история с преодолением препятствий и счастливым финалом, являющимся беспроигрышным способом вызвать эмоции аудитории. Аллегория визуального сообщения подчеркивалась тяжелым контрастом композиции порой с изображением реалистических военных сцен. Ярким примером такого приема служит плакат лейтенанта Жана Друа. Его известный военный плакат «Стоя в окопе как заря..» (Рис.5) обладает яркой образностью, где эмоциональность его визуального языка подчеркивает доминантный образ солдата, изображенного на фоне рассвета, грезящего о скорой победе и возвращении домой. Здесь помимо контраста теней особое внимание привлекает контраст контекста, в котором идее «рассвета» - как символу положительного начала противопоставляется сцена «войны» - символ трагедии. Прием контраста являясь мощным графическим средством усиления риторичности визуального голоса [14] используется здесь для достижения максимального эффекта.



**Рис.5.** Жан Друа, «Стоя в окопе как заря..» [14]

Аналогичным образом, специфика российских постеров дореволюционного периода определялась присутствием аллегии в патриотической пропаганде политических иллюстраций. Рассмотрим следующий пример из того периода – работа Дмитрия Мура «Смерть мировому империализму» 1919. (Рис.6) Патриотическая иллюстрация подкреплена патриотической пропагандой – иллюстрация + слоган, где контраст опять же является основным графическим инструментом, подчеркивающим риторичность языка. Риторика здесь основана на пафосе – образном представлении двух противников – рабочий класс, стиснутый в тисках мирового империализма (старого и нового). Здесь дракон изображен как олицетворение зла символизирует мировой империализм, который сжимает рабочий класс (промышленников), на помощь которым спешат вооруженные силы революции. Ограниченная цветовая палитра и минимальное использование текста [15] лишь усиливают визуальный эффект концентрируя внимание на драматичной символике плаката.



**Рис. 6.** Дмитрий Мур «Смерть мировому империализму» 1919 [15]

В контексте риторики визуального языка следует выделить плакаты советского периода, основанные на традиционном изобразительном творчестве. В первые годы революции плакаты стали красноречивыми ораторами, выкрикивающими слоганы, иллюстрирующими политические аллегии. Фотографика становится фундаментальным нововведением, во-первых, как средство для создания полноцветных изображений, во-вторых, как средство для свободного распределения текста на формате постера. Использование фотографика, навыки дизайнеров в графическом представлении статистики и картографии [9] объединились для создания изображений, выходящих за рамки объективности в поэтическом представлении

прогресса. Именно развитие фотографии стало толчком, определившим характер визуального языка плакатов советского периода, где дизайнеры, экспериментируя с фотомонтажом создавали своеобразные визуальные постановки, где аллегоричные изображения советских достижений сочетались с пояснительной статистикой (иллюстрация + статистика). Плакат «Пятилетка» Густава Клуциса (Рис.7) сочетает в себе фотографические и графические элементы, масштабирование которых создает расчетливую визуальную иерархию, определяющую риторику его визуального языка, где логос как аргументивный элемент риторики сочетается с метафоричным выражением идеи – пафосом. Риторику данного плаката можно понять, не читая слоганы и текст [16], они играют лишь второстепенную роль подкрепляя метафоричные изображения. Верблюд как олицетворение прошлого противопоставляется локомотиву, отмеченному красной звездой - символу нового. Контраст идей – старого и нового, контраст форм и объемов графических элементов, достигающийся за счет масштабирования изображений, контраст в расположении текста и контраст цвета – здесь играют ключевую роль в построении визуальной риторики.



Рис. 7. Густава Клуцис, «Пятилетка» [16]

В дальнейшие периоды исторического развития функции графического дизайна меняются. В то время как ранее общество находилось в большей степени под влиянием природы средств массовой информации нежели его содержанием, в последующие десятилетия графический дизайн решает коммуникативные проблемы, где медиумом графического дизайна становится - сообщение [14]. Изменения в стиле визуального языка было вызвано так же технологическим прогрессом, развитием медиа и социальными изменениями в обществе. Переход от ручного производства к машинному повлиял на развитие графического дизайна, что в свою очередь оказало влияние на развитие творчества в целом обеспечив переход от экспрессионизма к функционализму, согласно которому целью графического дизайна является практическое влияние на потребителя, побуждение к действию, ориентации или осмыслению информации [17]. Специфика риторики в плакатах периода функционализма характеризуется упрощенными формами, ясными линиями и минималистичным подходом к дизайну, где главной целью плакатов периода функционализма была эффективная передача информации. В этот период функциональные аспекты и целевая аудитория были приоритетными.

В функционалистическом стиле были созданы постеры для промышленных выставок, демонстрирующие новые технологии, продукты и инновации. Рекламные постеры этого периода стремились передать информацию четко и лаконично, используя минималистические графические средства. Они акцентировали внимание на продукте или услуге и подчеркивали его функциональность и практическую пользу. Также создавались постеры с социальными и политическими посланиями. Они использовали простые символы, яркие цвета и четкую

типографику, чтобы эффективно коммуницировать свои сообщения и вызывать реакцию у зрителей. Все они отличались простыми, графическими формами, ясной типографикой и акцентировали внимание на функциональных аспектах продукта. К таким плакатам относятся работы итальянского художника и иллюстратора Марчелло Дудович. Автор постера для "FIAT - LA NUOVA BALILLA" - Марчелло Дудович, прославился своими культовыми рекламными плакатами, особенно теми, которые были созданы для FIAT в начале 20 века. Плакаты Дудовича оказали большое влияние на продвижение автомобилей FIAT, в том числе модели La Nuova Balilla. Его характерный стиль сочетал в себе смелые цвета, элегантные линии и увлекательные композиции, что делало его работы запоминающимися и эффективными для привлечения внимания зрителей. (Рис.8).



Рис.8. Марчелло Дудович, "FIAT - LA NUOVA BALILLA" [17]

В постерах периода функционализма дизайнеры стремились использовать логические аргументы, основанные на рациональности и функциональности продукта или идеи. Отсутствие излишней декоративности и украшений способствовало прямому и наглядному общению с аудиторией. Текст был обычно простым, ясным и без лишних украшений, а цветовая палитра была ограничена и функционально подобрана. Это создавало прямое и лаконичное сообщение, которое отличалось от более эмоциональных и аллегорических подходов предыдущих периодов. В риторике функционалистических постеров энос мог быть скрыт или менее выражен, поскольку функционализм склонялся к умеренности и отсутствию излишней эмоциональности. Однако, через использование простоты, ясности и эффективности дизайна, постеры функционализма стремились вызвать доверие и убеждение у зрителей, исходя из рациональности и практической пользы. Риторика функционалистических постеров обычно обращалась к разуму и рациональности, и поэтому эмоциональный пафос был менее выражен. Вместо этого, они стремились вызвать эмоциональное восприятие через акцент на функциональности, удобстве и практической ценности. Использование простых и чистых форм, минимальной цветовой палитры и прямых линий создавало впечатление эстетического порядка и гармонии, что могло вызывать эмоциональное воздействие у зрителей.

**Заключение.** В заключении следует отметить что, риторика играет важную роль в визуальной коммуникации, позволяя дизайнерам эффективно передавать сообщения и воздействовать на аудиторию. Цвета, типографика, композиция и визуальные метафоры - все эти элементы являются инструментами риторики, которые помогают создавать убедительные и запоминающиеся дизайнерские решения. Понимание и применение риторики в графическом дизайне позволяет добиться успеха в визуальной коммуникации и достигнуть поставленных целей. Выводя на первый план важность риторики в плакатном искусстве и графическом дизайне, мы раскрываем уникальную роль, которую она играет в создании эффективной визуальной коммуникации. Риторика, включающая логос, энос и пафос, [18] становится

мощным инструментом, позволяющим дизайнерам и художникам достигать определенных целей и воздействовать на аудиторию. Логос, обращающийся к разуму, помогает убедить и аргументировать идеи, используя логику и доказательства. Этос, обращающийся к характеру и авторитету, устанавливает доверие и связь с аудиторией, показывая уважение к ее мнениям и ценностям. Пафос, обращающийся к эмоциям и ценностям, захватывает внимание и вызывает сильную реакцию, делая сообщение запоминающимся и эмоционально заряженным. Искусство риторики позволяет нам создавать плакаты и другие различные визуальные коммуникации, которые эффективно передают сообщение, вызывают интерес и воздействуют на аудиторию. Понимание и использование риторических приемов позволяет нам улучшить наши навыки коммуникации и стать более влиятельными и успешными в области визуального искусства.

### Литература

1. Meggs, P.B., Purvis, A.W. Meggs' History of Graphic Design. John Wiley & Sons. p.20-23.2016
2. Lupton, E. (2015). Thinking with Type: A Critical Guide for Designers, Writers, Editors, & Students. Princeton Architectural Press. P. 34-38
3. Drucker, J. (2010). Graphic Design History: A Critical Guide. Pearson. p. 35-39
4. Stoyanova, V. (2015). Rhetoric and Persuasion in Visual Communication Design. International Journal of Research Studies in Language Learning, p. 3-12.
5. Hollis, R. (2001). Graphic Design: A Concise History. Thames & Hudson. p. 18-24
6. Eskilson, S. (2007). Graphic Design: A New History. Yale University Press. p. 56-61
7. Armstrong, H. (2009). Graphic Design Theory: Readings from the Field. Princeton Architectural Press. p. 42-48
8. Muller-Brockmann, J. (1996). Grid Systems in Graphic Design: A Visual Communication Manual. Niggli Verlag. p. 33-37
9. Barthes, R. (1977). Image-Music-Text. Hill and Wang. p. 48-52
10. Heller, S. (2008). Graphic Design Rhetoric: Principles and Practice. Design Issues, p. 58-71.
11. Berger, W. (2012). Visual Communication: Rhetoric or Art? Journal of Visual Literacy, p. 23-41.
12. Shaughnessy, A. (2009). Rhetoric and Design. Design Issues, p. 58-71.
13. Cramerotti, A. (2007). Rhetoric and the Art of Visual Persuasion. Journal of Visual Art Practice, p. 225-238.
14. Helfand, J. (2011). Design as Rhetoric: How the Language of Design Shapes our Understanding of the World. Visible Language, p. 108-127.
15. Handa, C. (2007). Rhetoric and Visual Communication: A Pedagogical Approach. Technical Communication Quarterly, p. 69-83.
16. Ensslin, A., & Smith, C. S. (2018). Multimodal Rhetoric and Graphic Novels: An Integrative Approach. Computers and Composition, p. 14-26.
17. Whitson, R. (2008). Visual Rhetoric in Advertising: Text-Interpretive, Experimental, and Reader-Response Analyses. Journal of Business Communication, p. 137-170.
18. Prasad, A. (2015). Rhetoric, Semiotics, and Visual Communication in the Digital Era. Semiotica, p. 141-159.

*Məqaləyə istinad: Gasanova L.Ф. Графическая риторика: искусство убеждения в дизайне плакатов. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzMIU, s. 31-40, N2, 2023*

*For citation: Hasanova L.F. Graphic rhetoric: the art of persuasion in poster design. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzUAC. p.31-40, N2, 2023*





<http://doi.org/1058225/sw.2023.2-41-51>

## SEISMOLOGICAL, GEOTECHNICAL AND STRUCTURAL ASPECTS OF THE 2023 KAHRAMANMARASH, TURKEY EARTHQUAKE SEQUENCE

**Erberik Murat**- prof., Department of Civil Engineering, Middle East Technical University, Turkey

**Askan A.**- prof., Department of Civil Engineering, Middle East Technical University, Turkey

**Kockar M.**- ass.prof., Department of Civil Engineering, Hacettepe University, Turkey

**Altindal A.**- graduate student, Department of Civil Engineering, Middle East Technical University, Turkey, altug@metu.edu.tr

**Aydin M.**- graduate student, Department of Civil Engineering, Middle East Technical University, Turkey

**Ozsimsir A.**-graduate student, Department of Civil Engineering, Hacettepe University, Turkey

**Sahin G.**- graduate student, Department of Civil Engineering, Hacettepe University, Turkey

**Abstract.** On 6 February 2023, Turkiye was hit by a sequence of very strong and destructive earthquakes that affected 11 populated cities close to the ruptured fault line. The damage was very extensive in the region so that it was even to understand the order of magnitude of the huge devastation and loss caused by this earthquake sequence. Many national and international research teams have been in the affected areas from the first day on, trying to make field observations from all aspects and get the perishable field data to use for the purpose of seismic loss mitigation for future potential events. The observations reveal the fact that it will take a long time for the country to recover from the adverse effects of this event, but we should also start the take measures immediately to mitigate the potential losses from future earthquakes.

**Keywords:** seismic base isolation, performance-based earthquake engineering, structural dynamics, friction pendulu

Turkiye is located in a seismologically very active region that is influenced by the complex motions of different tectonic plates and fault mechanisms nearby. The northward motion of the Arabian and African plates causes a high rate of crustal deformation in the Anatolian plate which results in large events on the main fault zones in the country (Figure 1). On average, a destructive earthquake occurs in Turkiye every 7 years according to statistical data from past earthquakes. Among the two main fault systems in Turkiye, the North Anatolian Fault Zone (NAFZ) has been very active for the last century, creating many destructive earthquakes, including the latest 1999 Kocaeli and Duzce earthquakes [1-2]. However, the East Anatolian Fault Zone (EAFZ) had been in a quiet period with only a few moderate earthquakes for more than a century until the year 2010. On this date, a moderate earthquake with  $M_w=6.0$  occurred in the northeast segment of the EAFZ that caused local damage in some of the rural villages in the region [3-5]. Then, ten years later, a stronger earthquake with  $M_w=6.8$  occurred in the adjacent segment to the south-west of the EAFZ, this time affecting both rural regions and also the city of Elazig. These earthquakes were deemed to be the signs of abnormal activity on the EAFZ, which was unfortunately verified on February 6, 2023, by a sequence of very strong and destructive earthquakes that affected 11 populated cities close to the ruptured fault line. The damage was very extensive in the region so that it was even to understand the order of magnitude of the huge devastation and loss caused by this earthquake sequence. Many national and international research teams have been in the affected areas from the first day on, trying to make field observations from all aspects and get the perishable field data to use for seismic loss mitigation for future potential events. This paper includes the field observations of a technical team from the Earthquake Engineering Association of Turkiye (EEAT) from seismological, geotechnical, and structural aspects.



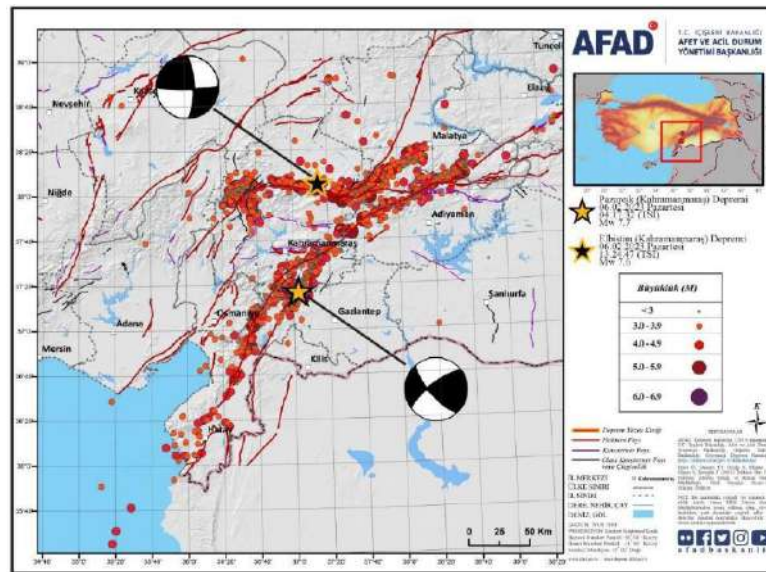
**Figure 1.** Tectonic map of Türkiye (modified from [6] General information about the earthquake sequence

On February 06, 2022, at 04:17, a major earthquake occurred in the EAFZ with the epicenter in Pazarcik, Kahramanmaraş. The magnitude of the earthquake in terms of moment magnitude ( $M_w$ ) was announced as 7.7 by the Disaster and Emergency Management Presidency (AFAD) (Latitude: 37.288 N, Longitude: 37.043 E). According to preliminary data, the depth of the earthquake was determined as approximately 8.6 km. The tremors were markedly felt in the provincial capitals and districts of Kahramanmaraş, Gaziantep, Adiyaman, Sanliurfa, Diyarbakir, Malatya, Osmaniye, Kilis, Adana, and Hatay. The distance of the earthquake to the nearest settlement, Akdemir village in the Pazarcik district of Kahramanmaraş province, was 2.72 km [7]. Approximately six hours after the initial earthquake, another independent substantial seismic event took place at 13:24 along the Eastern Anatolian Fault Zone, with the epicenter in Kahramanmaraş Elbistan. The earthquake's moment magnitude ( $M_w$ ) was declared as 7.6 by the AFAD. According to preliminary information, the event's depth was ascertained to be approximately 7.6 kilometers. The seismic occurrence's proximity to the nearest settlement, Gumusdoven village within the Elbistan district of Kahramanmaraş province, is 1.70 kilometers [7]. In accordance with AFAD Earthquake Department data, between February 6 and March 19, 2023, thousands of aftershocks were documented, 3 of which exceeded  $M_w$  6, 44 of which exceeded  $M_w$  5, and 510 of which exceeded  $M_w$  4. The focal mechanism solutions published by the AFAD and the aftershocks' distribution are given in Figure 2. As of March 20, 2023, it has been confirmed by the authorities that approximately 255,000 buildings have been damaged or destroyed so far, more than 50,000 citizens have died and more than 107,000 citizens have been injured.

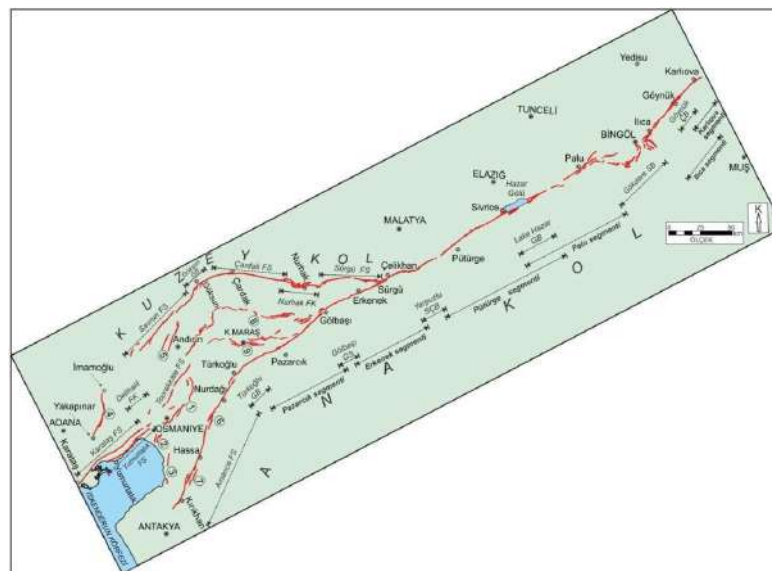
The left-lateral strike-slip EAFZ, along with the NAFZ, constitutes one of Türkiye's most active primary fault belts, extending approximately 580 km from Karliovato Antakya, and plays a crucial role in the region's geodynamic evolution and seismicity [8-17].

The DAFZ is comprised of seven primary segments. These include Karliova, Ilica, Palu, Puturge, Erkenek, Pazarcik, and Amanos fault segments [18] extending from the northeast to the southwest (Fig.3). It is stated that the  $M_w$  7.7 Pazarcik earthquake resulted from the rupture of the Erkenek, Pazarcik, and Amanos fault segments and is situated within the northeast-southwest trending DAF zone. The  $M_w$

7.6 Kahramanmaraş Elbistan earthquake occurred on the Cardak fault, which is positioned in the western portion of the northeast-southwest and east-west trending Surgu fault segment. This segment is also located within the northern branch of the DAF zone.



**Figure 2.** Mainshock activity of the Pazarcik (Kahramanmaras) Mw = 7.7 and Elbistan (Kahramanmaras) Mw = 7.6 earthquakes and their aftershocks for which focal mechanism solution was determined by AFAD [7]



**Figure 3.** Map showing the segmentation of the East Anatolian Fault Zone [18]

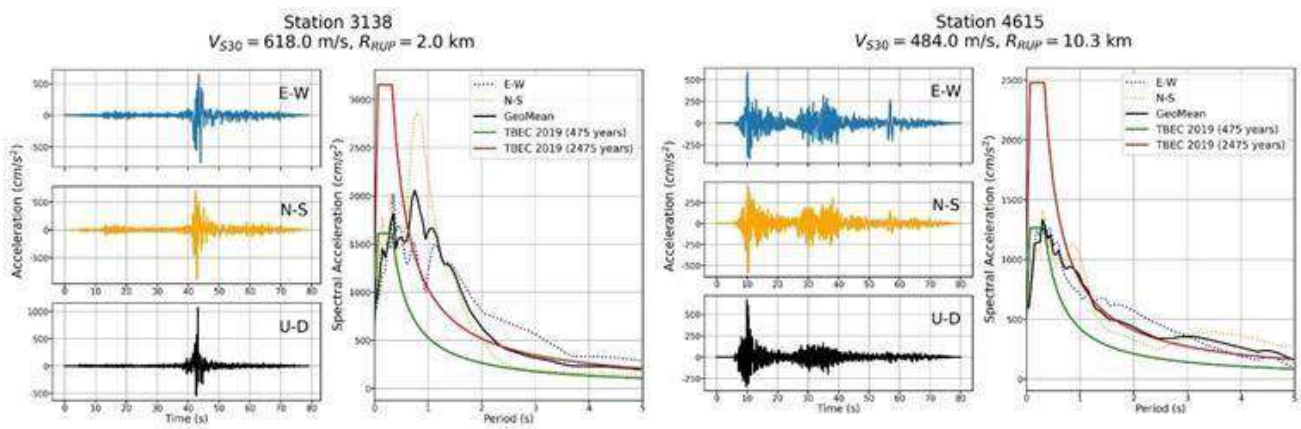
**Seismological aspects.** The earthquakes occurred on the well-known seismic gap along the EAFZ including the long Pazarcik and Amanos segments. The first earthquake with Mw=7.7 (USGS) occurred on the left lateral EAFZ with an epicenter near Pazarcik, Kahramanmaras. The USGS fault planes indicate bilateral rupture on multiple segments of EAFZ for a total rupture length of 400 km approximately. The second event occurred on the Northern segments of EAFZ near Ekinozu with Mw= 7.6 (USGS). Both events resulted in a large set of strong motions recorded by the network in the region, however, the first event has more near-field records than the second one. The shaking intensities in the region indicate an extreme event, particularly for the first earthquake.

Figure 4 displays two selected records from the first earthquake. The rupture distances and site conditions are also provided. The station with code 3138 is located on relatively stiff soils in Hassa, Hatay. The response spectra of the horizontal components are very broadband in nature and they exceed the maximum design earthquake at almost all periods while they exceed also the maximum credible earthquake level at longer periods. Station 4615 is located in relatively softer soil conditions in Pazarcik, Kahramanmarash.

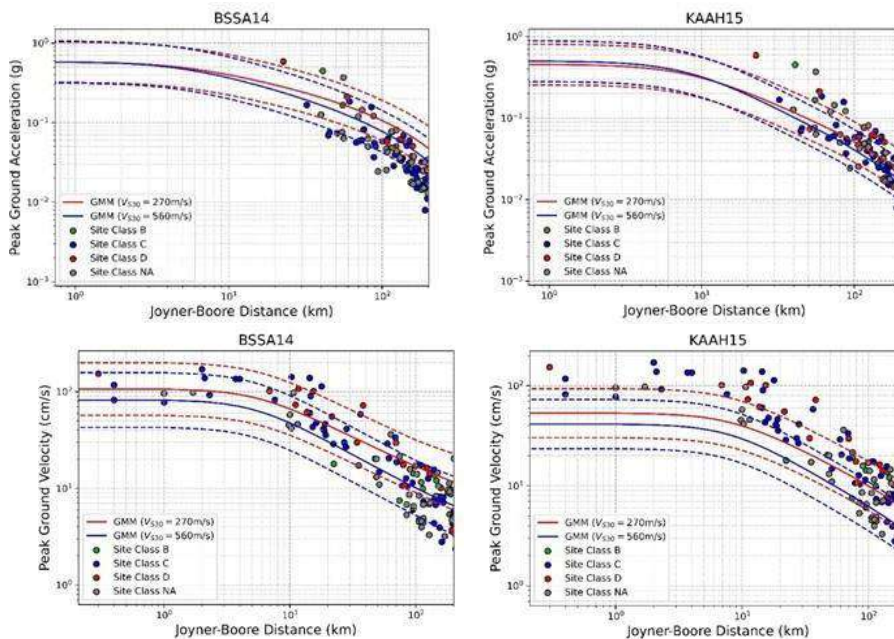
Next, a comparison of the recorded strong motions against two existing ground motion models is made. Figure 5 demonstrates the recorded PGA and PGV levels against models by [20] and [21], respectively. The comparisons show that PGA values overall confirm the median estimates of GMMs with a few exceptions. However, PGV values overestimate the median levels of the GMMs. This could be attributed to long-period enhancements from basin effects, forward directivity pulses, or local soil behavior. Further conclusions can be obtained by performing detailed residual analyses for PGA, PGV as well as spectral accelerations.

Further details on the recorded peak motion parameters, several intensity measures, and felt intensity values of the Kahramanmaraş sequences can be found in the reference [19].

*Ground damages and geotechnical findings.* Adiyaman City0 in the Golbasi district of Adiyaman province, the presence of groundwater levels near the surface and alluvial soils has led to remarkably high damage, particularly due to liquefaction-induced phenomena. In the flat areas of the city center, nearly all structures, although not exhibiting structural damage, have experienced substantial settlements. Structures built under similar conditions but extending towards the highland topography, however, have not encountered settlement or other types of damage.



**Figure 4.** Acceleration time histories and response spectra at selected stations that recorded the Mw=7.7 Kahramanmaraş earthquake (figures are modified from the originally published versions in [19])



**Figure 5.** Comparison of recorded peak ground motions against selected empirical models [19]

Figure 6 displays a building that has entirely tilted backward on its foundation without any deformation in its structural elements. The other photographs illustrate the soils have liquefied, leading to the settlement of the building foundations and bulging of the soils surrounding the foundations.



**Figure 6.** Tilting of buildings and heaving of soils around foundations due to liq-uefaction (Adiyaman- Golbasi) [19]

Gaziantep City. There are few damages in the Gaziantep city center. In the villages close to the city center, a few collapsed single-story buildings were observed. Cave collapses, slope failures and rock falls caused by earthquakes are existing both in the city center and its immediate vicinity.

Nurdagi is one of the districts in Gaziantep that was directly affected by surface fault rupture. Due to surface faulting, large damages occurred in houses (Fig.7.a) and large deformations and settlements occurred on road routes (Fig.7.b).



**Figure 7.** a) Major damage to houses due to surface faulting (left), b) deformations and settlements due to surface faulting on the road in Nurdagi (right) [19]

Large mass failures due to rockfalls were encountered on the slopes along the Gaziantep Osmaniye road east of Nurdagi (Fig.8.a). The retaining structure along the water canal on the railway route in the Fevzipasa neighborhood of Islahiye (Gaziantep province) collapsed towards the canal due to lateral spreading (Fig.8.b).



**Figure 8.** a) Rockfall on the road route around Nurdagi, b) damages due to lateral spreading along the stream channel in the Fevzipasa neighborhood of Islahiye [19]

**Hatay City.** Hatay has been subjected to major and destructive earthquakes in the historical process. The city has developed on an alluvial valley basin, plains, and terrace sediments of different levels created by the

Asi River. Especially in the center and districts of Antakya along the Asi River, settlements and lateral spreading due to alluvial soils increased the structural damage (Fig.9).



**Figure 9.** Settlements in alluvial soils along the Asi River in Hatay and damage to retaining walls due to lateral spreading [19]

In the Cay neighborhood located within the borders of the Iskenderun district of Hatay province, sand boils due to seismic liquefaction were observed intensively. The seaside fishing harbor in Iskenderun was heavily damaged in the earthquake, and differential settlements were observed in the region (Fig.10).



**Figure 10.** Surface manifestations of the sand boil as seismic liquefaction in Iskenderun Hatay (left), lateral spread due to liquefaction in the fishing harbor area in Iskenderun, Hatay (right) [19]

**Kahramanmaras City.** No significant geotechnical damage was reported in Kahramanmaras city center. There had been completely collapsed buildings concentrated in the southern parts of the city. Although geotechnical damage has not been reported observationally, detailed site investigations should be carried out on the quaternary alluvial sediments in this region to determine whether the damage is soil related.

Traces of surface faulting along the EAFZ in the Turkoglu district are observed at the east of the district. Since a significant part of the district is located on alluvial deposits, these soils were especially effective in increasing the damage in the area. Lateral spreading and sand boil due to soil liquefaction were observed in the region (Fig.11.a and 11.b).



**Figure 11.** a) Lateral spreading (left), b) sand boiling due to soil liquefaction (right) [19]

**Structural aspects.** It can be observed that structural damage is severe and widely spread in the affected areas due to the high demands imposed by the seismic action of the earthquake sequence and also the high seismic vulnerability of the building stock. The most affected cities are Antakya, Kahramanmaras, Adiyaman,

and Malatya with tens of thousands of buildings either collapsed or severely damaged beyond repair. The number of collapsed (or to be immediately demolished), severely damaged and moderately damaged buildings declared by the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change by 19 March 2023 are provided in Table 1 for the affected cities, which add up to more than 300,000 buildings in total. In addition, provinces close to the ruptured fault line like Elbistan (Kahramanmaras), Pazarcik (Kahramanmaras), Nurdagi (Gaziantep), Islahiye (Gaziantep) and Golbasi (Adiyaman) lost most of their building stock so that the authorities are even planning to carry some of these provinces to new and seismically safe settlement areas. Some major site observations related to this inconceivable structural damage are given in the rest of this section.

**Table 1.** The statistics related to structural damage in the affected cities [19]

City	Collapsed/To Be Demolished	Severely Damaged	Moderately damaged
Adana	176	929	2112
Adiyaman	8202	21909	6876
Diyarbakir	87	4592	3363
Elazig	101	7442	506
Gaziantep	5679	13833	7426
Hatay	21003	64895	13102
Kahramanmaras	11815	37549	6696
Kilis	609	1803	642
Malatya	5482	33603	2305
Osmaniye	1187	8863	1397
Sanliurfa	1543	5468	3020

Antakya, Hatay is the most adversely affected city from this earthquake sequence. This is due to the fact that the ground motion intensities had been drastically amplified due to soft site conditions and the directivity effect of the ruptured fault in the first earthquake. In addition, a large aftershock with  $M_w=6.4$  took place in the vicinity of the affected region and caused further destruction among the damaged structures. At the center of the city near the Asi River, there is total destruction as seen in Fig.12.



**Figure 12.** The photos of total destruction in Antakya, Hatay (courtesy of the EEAT) Antakya city was recognized for its cultural diversity and richness and it resided many historical structures, including invaluable heritage belonging to different religions. Unfortunately, most of these structures were either severely damaged or collapsed during the sequential earthquakes of February 2023 in Turkiye (Fig.13) [19]



**Figure 13.** Damaged historical structures in Antakya after earthquake sequence; a) Habib-i Neccar Mosque (courtesy of the EEAT), b) Rum Orthodox Church [19]

Another highly affected city center, which is close to the epicenters of both Mw7+ earthquakes is Kahramanmaras. Especially the mid-rise reinforced concrete (RC) buildings in the old city center that resides on soft soil deposits were razed down under strong shaking (Fig.14).



**Figure 14.** Complete destruction in Kahramanmaras city center (courtesy of the EEAT) [19]

Similar views of damaged buildings exist in the city centers of Adiyaman and Malatya. This high percentage of building damage seems to depend on many factors from the design stage to the construction stage of these buildings. The adversely affected buildings with ordinary beam-column framing systems have been observed to be very flexible. This dynamic nature seems to have caused extensive drifts during strong shaking beyond the deformation capacity of columns. In addition, the ground story with commercial use worked as a soft-story mechanism in most of these buildings leaving no chance of survival for the occupants. Poor concrete strength, insufficient detailing, and improper supervision during the construction stages of these buildings are among the major issues that caused the high seismic vulnerability of these buildings (Fig.15).



**Figure 15.** Structural deficiencies observed in damaged buildings (courtesy of the EEAT) [19]

It was also observed that the buildings on the hillsides of the aforementioned city centers with relatively stiff soil conditions performed better during the earthquake with light damage on the non-structural infill walls only (Fig. 16.a). Even old low-rise buildings with poor construction stood still without serious damage (Fig.16.b). This shows the significant variations in seismic demand with changing topographical and soil conditions.



**Figure 16.** Buildings on the hillside of Kahramanmaras city center; a) (left) new high-rise RC frame buildings with no/slight damage, b) (right) old and low-rise RC and masonry buildings that performed relatively well during the earthquakes (courtesy of the EEAT) [19]



Critical structures like hospitals and school buildings behaved relatively well during the earthquakes. Some hospitals with old and deficient construction collapsed during the earthquake, killing the patients and the medical people inside the buildings. Some others were damaged, especially with extensive non-structural damage, causing the interruption of the medical services during the post-earthquake emergency period (Fig.17.a). Base isolation systems had been used in some newly constructed hospitals and they all showed satisfactory behavior during the strong shaking (Fig.17.b).

The school buildings also experienced varying levels of structural damage from none to severe damage (Fig.18). It was fortunate that no students were injured during the earthquake sequence since the first main shock happened at 4 a.m. before dawn and none of the schools were open during the second main shock.



**Figure 17.** a) Existing city hospital in Kahramanmaraş with extensive non-structural damage, b) a new hospital construction in Kahramanmaraş with base isolation system (the isolators worked and performed well during the earthquake although most of them were not installed yet) (courtesy of the EEAT) [19]



**Figure 18.** a) A school building with no damage in Golbasi (Adiyaman), (top) b) a severely damaged school building in Kahramanmaraş city center (bottom) (courtesy of the EEAT) [19]

**Summary and conclusions.** On 6 February 2023, Türkiye was hit by a sequence of very strong and destructive earthquakes that affected 11 populated cities close to the ruptured fault line. The damage was very extensive in the region so that it was even to understand the order of magnitude of the huge devastation and loss caused by this earthquake sequence. Many national and international research teams have been in the affected areas from the first day on, trying to make field observations from all aspects and get the perishable field data to use for seismic loss mitigation for future potential events. In this study, the seismic performance of the base-isolated hospital buildings at the Kahramanmaraş earthquakes was evaluated. Several base-isolated hospitals located in the cities affected by the earthquakes were inspected in a field study. Isolator displacements as well as structural damage if present were documented. The following conclusions were reached:

This paper summarizes the field investigations of a technical team from the Earth-quake Engineering Association of Turkiye (EEAT) from seismological, geotechnical, and structural aspects. The observations reveal the fact that the seismic demand imposed by the earthquake was very high. On the other hand, the majority of the building stock in the region is highly vulnerable to earthquakes since the area did not experience a large earthquake for a long time. The RC frame structures are very flexible and brittle, so they could not resist the earthquake forces imposed by these earthquakes. There are also damages caused by the rupture and the ground failures. Overall, it seems that it will take a long time for the country to recover from the adverse effects of this event, but we should also start the take measures immediately to mitigate the potential losses from future earthquakes.

### References

1. Anderson JG, Sucuoglu H, Erberik A, Yılmaz T, Inan E, Durukal E, Erdik M, Anooshehpoo R, Brune JN, Ni SD. Implications for Seismic Hazard Analysis, Earthquake Spectra, 2000, Supplement A to Volume 16, Chapter 6, 113-137.
2. Sucuoglu H, Yılmaz MT. Duzce, Turkiye: A City Hit by Two Major Earth- quakes in 1999 within Three Months. Seismological Research Letters, 2001, 72(6),679-689.
3. Bakır S, Canbay E, Erberik MA, Gulerce Z, Aldemir A, Demirel IO. 8 March 2010 Basyurt-Karakocan (Elazig) Earthquake: Preliminary Reconnaissance Report. Middle East Technical University, Earthquake Engineering Research Center, Ankara, Turkiye (2010).
4. Askan A., Gupta SP, Ugurhan B. 8 March 2010 Basyurt-Karakocan (Elazig) Earthquake: Supplementary Report. Middle East Technical University, Earthquake Engineering Research Center, Ankara, Turkiye (2010).
5. Akkar S, Aldemir A, Askan A, Bakır S, Canbay E, Demirel IO, Erberik MA, Gülerce Z, Gülkan P, Kalkan E, Prakash S, Sandikkaya MA, Sevilgen V, Ugurhan B, Yenier E. 8 March 2010 Elazig-Kovancilar (Turkiye) Earthquake: Observations on Ground Motions and Building Damage, Seismological Research Letters, 2011, 82(1), 42-58.
6. Holzer TL, Barka AA, Carver D, Celebi M, Cranswick E, Dawson T, Dieterich JH, Ellsworth WL, Fumal T, Gross JL, Langridge R, Lettis WR, Meremonte M, Mueller C, Olsen RS, Ozel O, Parsons T, Phan LT, Rockwell T, Safak E, Stein RS, Stenner H, Toda S, Toprak S. Implications for earthquake risk reduction in the United States from the Kocaeli, Turkiye earthquake of August 17, 1999. United States Geological Survey (USGS) Circular 1193:64 (2000).
7. AFAD-ERC. 06 February 2023 Kahramanmaras (Pazarcik and Elbistan) Earth- quakes Field Study Preliminary Report. Earthquake Research Department, Disaster and Emergency Management Presidency (AFAD), Ankara, Turkiye (2023).
8. Allen CR. Active faulting in northern Turkiye. Contr.1577. Div. Geosciences, California Institute of Technology, USA (1969).
- Arpat E, Saroglu F. Dogu Anadolu fayı ile ilgili bazı gözlemler ve düşünceler. MTA Dergisi, 1972, 78, 44-50 (In Turkish).
9. Arpat E, Saroglu F. Türkiye'de bazı önemli genç tektonik olaylar. Türkiye Jeoloji Bülteni, 1975, 18, 91-101 (In Turkish).
10. McKenzie DP. Active tectonics of the Mediterranean region. Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, 1972, 30, 109-158.
11. Seymen I, Aydın A. Bingöl Deprem Fayı ve Bunun Kuzey Anadolu Fay Zonu ile İlişkisi. Bulletin of the Mineral Research and Exploration, 1972, 79, 1-12.
12. Saroglu F, Emre O, Kuscu I. Turkiye Diri Fay Haritasi, 1: 2,000,000 ölçekli, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Turkiye (1992) (In Turkish).
13. Ambraseys NN. Temporary Seismic Quiescence: SE Turkiye, Geophysical Journal 1989, 96, 311-331.
14. Taymaz T, Eyidogan H, Jackson JA. Source parameters of large earthquakes in the East Anatolian Fault Zone (Turkiye). Geophysical. J. Int., 1991, 106, 433- 490.
15. Herece E, Akay E. Karliova-Celikhan arasında Dogu Anadolu Fayi, Turkiye 9. Petrol Kongresi Bildirileri, 361-372 (1992).
16. Nalbant S, Hubert A, King GCP. Stress coupling between earthquakes in north-west Turkiye and the north Aegean Sea. J Geophysical Res, 1998, 103, 469-486.
17. Duman T, Emre O. The East Anatolian Fault: geometry, segmentation and jog characteristics (2013) doi: 10.6084/M9.FIGSHARE.3453179.

18. METU-EERC. Preliminary Reconnaissance Report on February 6, 2023, Pazarcik Mw=7.7 and Elbistan Mw=7.6, Kahramanmaraş-Türkiye Earthquakes. Report No: METU/EERC 2023-01. Middle East Technical University Earthquake Engineering Research Center, Ankara, Türkiye (2023).
19. Boore DM, Stewart JP, Seyhan E, Atkinson GM. NGA-West 2 equations for predicting PGA, PGV, and 5%-damped PSA for shallow crustal earthquakes, Earthquake Spectra, 2014, 30, 1057–1085.
20. Kale O, Akkar S, Ansari A, Hamzehloo H. A ground-motion predictive model for Iran and Türkiye for horizontal PGA, PGV, and 5% damped response spectrum: Investigation of possible regional effects, Bull. Seismol. Soc. Am., 2015, 105, 963–980

*Məqaləyə istinad: Erberik M., Askan A., Kockar M., Altindal A., Aydin M., Ozsimsir A., Sahin G. 2023-cü il Kahramanmaraş, Türkiyə zəlzələ ardıcılığının seysmoloji, geotexniki və struktur aspektləri. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzMİU, s. 41-51, N2, 2023*

*For citation: Erberik M., Askan A., Kockar M., Altindal A., Aydin M., Ozsimsir A., Sahin G. Seismological, geotechnical and structural aspects of the 2023 Kahramanmaraş, Turkey earthquake sequence. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzUAC, p. 41-51, N2, 2023*

***Məqalə INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES (AERS2023) adlı konfrans materialıdır.***

<http://doi.org/1058225/sw.2023.2-52-57>

## PERFORMANCE EVALUATION OF BASE ISOLATED HOSPITAL BUILDINGS AFTER KAHRAMANMARAS EARTHQUAKES

**Kaatsız Kaan**- ass.prof., Department of Civil Engineering, Turkey, kaan.kaatsiz@ahievran.edu.tr

**Alıcı F.S.**- ass.prof., Department of Civil Engineering, Turkey

**Tanisher S.**- technical office manager, TIS Technological Isolator Systems, Ankara

**Abstract.** The devastating effects of February 6<sup>th</sup>, 2023 earthquakes have been documented for many types of building systems located in the disaster region. Another important aspect of the region is that there are several seismic base-isolated hospital buildings that were constructed or is under construction. In this study, the performance evaluation of the base-isolated hospital buildings is discussed based on the data gathered from a field study conducted after the earthquakes. Several conclusions regarding the seismic performance of the isolator devices and behaviour of the isolated superstructure are made from these observations.

**Keywords:** seismic base isolation, performance-based earthquake engineering, structural dynamics, friction pendulum

**Introduction.** Seismic base-isolation is a widely employed technology to mitigate response of building structures during earthquake excitation. Application of seismic-base isolators has been mandatory in new hospital building constructions in Turkey and base-isolated design structural design guidelines are included in the latest edition of Turkish Earthquake Code [1] similar to other contemporary standards [2-4]. Therefore, there is an important base-isolated hospital building stock in all regions of Turkey. The area affected by February 6<sup>th</sup>, 2023 Kahramanmaraş earthquakes is no exception. Base-isolated hospital buildings were constructed in Malatya, Hatay, Adana in recent years and several are under construction in Adıyaman, Kahramanmaraş and Osmaniye, the cities all of which have been severely affected from the earthquakes.

There are various analysis procedures to compute the design displacement of seismic base isolators. Equivalent linear procedures are widely employed for this purpose. The accuracy of the method was investigated by several researchers previously [5-8] and it has been determined that the estimation performance of the method depends on isolator properties and earthquake characteristics [9-11]. Due to being simple and practical, the equivalent linear procedures had been utilized to determine isolator design displacements of the base-isolated hospital buildings in the earthquake-stricken cities. The isolator dimensions had been determined accordingly by considering the performance objectives given by the seismic codes [1]. This study is devised to measure the actual displacements on seismic base isolators and to make observations on whether the design displacements had been exceeded in any of the hospital buildings.

A field study that has been conducted by the authors after the earthquakes documented the performance of the base-isolated hospital buildings. The buildings that have been inspected in the study are given in Table 1. The measured isolator displacements as well as residual displacements, if present, are also given. Friction pendulum type isolators were employed in all inspected hospital projects. The friction material that is used in this type of devices leaves some residual material during earthquake action, therefore it is possible to compute the maximum displacement demand by measuring the maximum distance of leftover friction material from the core on one side of the isolator plate. Due to symmetric behaviour, the same displacement demand is also present at the top plate. By multiplying the measured distance by two, the total displacement demand is calculated. The distance between top and bottom isolator plates is measured to compute the residual displacements. The computed isolator displacements are found to be less than the design displacement of seismic base isolators at all hospital buildings. The detailed observations and findings for each hospital project given in Table 1 are discussed in the following sections.

**Table 1.** Inspected Hospital Buildings [1]

Hospital	Measured Displacement (mm)	Residual Displacement (mm)
Elbistan State Hospital	30	25
Malatya Battalgazi State Hospital	160	10
Malatya Maternity and Children Hospital	30	~ 0
Hatay Dörtyol State Hospital	40	~ 0
Osmaniye State Hospital	60	25

**Base-isolated building performance.** Elbistan State Hospital. The distance of Teflon slider markings from the isolator core was measured as 15 mm on one plate of friction pendulum isolator. In total, isolator displacement is computed as 30 mm. It has been observed that seismic isolators which are located at the basement story of the hospital are covered with gypsum boards to provide insulation from fire (Fig.1). Limited damage in these gypsum boards were observed in all column axes due to isolator movement. Upon closer inspection of a friction pendulum by removing the damaged boards, a residual displacement of 20 mm was measured between top and bottom plates of the isolator (Fig. 2).



**Figure 1.** Cracking and slight damage in gypsum boards covering the seismic isolators due to displacement during the earthquakes [10]



**Figure 2.** One of the friction pendulum type seismic isolators of Elbistan State Hospital [10]

**Malatya Battalgazi State Hospital.** Battalgazi State Hospital, which is located in Malatya city center experienced both earthquakes and the seismic isolators were activated on both occasions. The maximum displacement was computed as 160mm by measuring the slider marks farthest (80 mm) from the core of the friction pendulum on one side (Fig.3). A residual displacement of 10 mm was also measured.



**Figure 3.** Maximum distance of the Teflon markings on one plate of the isolator (80 mm) [10]

Seismic isolators are located at the parking story of the hospital building. Accurate measurements were taken from the elevator core isolators which are located at a lower elevation than the rest of the isolators. A very rigid framing is present at the isolator interface both for the superstructure and fixed portion. Upon closer inspection of the parking story, a well-designed seismic detailing for mechanical and electrical installations was observed (Fig.4). No apparent deformation or damage was noted in these installations.



**Figure 4.** Seismic detailing of mechanical and electrical installation at the parking story [10]

**Malatya Maternity and Children Hospital.** The hospital building is in Yeşilyurt district of Malatya city center. The displacement capacity of the isolators installed in the project is  $\pm 360$  mm. The maximum displacement computed from the slider marks on the isolator surfaces is 30 mm. No residual displacement is observed. Several issues have been detected in and around the hospital building constraining the movement of the isolated superstructure, hence the reason for low measured displacement.

The seismic isolators are located in the parking story of the structure. Upon inspection of the story, it has been discovered that infill walls were constructed to create rooms. There was no seismic detailing in these walls, as they were connected to the bottom slab of the isolated superstructure. Consequently, isolator movement has been severely constrained during earthquake response due to pounding effects between the bottom floor beams of the superstructure and the infill walls. Significant damage has been observed in these walls (Fig.5).



**Figure 5.** Infill walls at the isolator (parking) story, constraining the movement of the isolated superstructure [10]

Several access ramps were constructed around the building perimeter, further constraining the displacement of the superstructure. The ramps were built using cast-in-place concrete with asphalt overlay. They provided a rigid connection between the isolated superstructure and ground, resulting in a limited isolator displacement response (Fig.6).



**Figure 6.** The access ramps of the hospital building cracked and deformed in places where the seismic gap would have been [11]

*Hatay Dörtyol State Hospital.* The hospital is in Dörtyol district of Hatay province. The design displacement of seismic isolators of the Hatay Dörtyol Hospital building  $\pm 400$  mm. The maximum isolator displacement has been computed as 40 mm (Fig.7), with no residual displacement. Although the hospital is in close proximity to the fault rupture of the first earthquake occurred on February 6th, evidence of minimal isolator displacement has been observed. A significant factor for reduced demand could be that the hospital along with Dörtyol district is located on stiff soil. The structure has well-constructed seismic gaps detailing along its perimeter (Fig.8). The gap is covered by hinged platforms that are connected to the isolated superstructure. The free end of the platforms has an angled detail that allows for sliding movement along the contact points to the pavement around the structure. No major damage has been observed in the seismic gaps apart from one corner that collided with the pavement during the earthquake action. It is determined that the resulting superficial damage did not constrain the isolator displacements (Fig. 9).



**Figure 7.** Measured isolator bottom plate displacement at Hatay Dörtyol Hospital [11]



**Figure 8.** The hinged platform covers of the seismic gaps along the perimeter [11]



**Figure 9.** Minor collision damage between a corner of the isolated structure and the pavement [11]

Osmaniye State Hospital. The hospital complex which was due to open one week after the February 6th earthquakes is in Osmaniye city center. The maximum isolator displacement has been computed as 60 mm. The isolators, which have a design displacement of  $\pm 450$ mm, exhibited 25 mm of residual displacement (Figure 10). No significant issues were detected at seismic gaps surrounding the structure and the isolation story. Hence, seismic isolators were not constrained during the earthquake response. A passive displacement measuring device composed of a marked plate and a needle was present at the isolation story (Figure 11). However, it did not measure the displacement demands of the earthquakes correctly.



**Figure 10.** Residual isolator displacement in Osmaniye State Hospital [12]

Some nonstructural damage in stairwells of the isolated superstructure was determined. More importantly, the fire suppression system has failed due to seismic action flooding several floors (Fig. 12). Due to inappropriate seismic detailing, the plumbing could not resist the earthquake induced displacement. Hanged ceilings and electrical components were found to be damaged due to flooding. If the hospital had been operational at the time of the earthquakes, it would have been out of service for several days due to flood damage.



**Figure 11.** Displacement measuring device located at the isolation story of Osmaniye State Hospital [12]





**Figure 12.** Flood damage at upper stories of isolated superstructure and resulting red (rust) residue at Osmaniye State Hospital [12]

**Summary and conclusions.** In this study, seismic performance of the base-isolated hospital buildings at the Kahramanmaraş earthquakes was evaluated. Several base-isolated hospitals located in the cities affected by the earthquakes were inspected in a field study. Isolator displacements as well as structural damage if present were documented. Following conclusions were reached:

- Landscaping applications that include filling or closing the seismic gaps around the isolated structure affect the isolator performance negatively such that it yields to damage which could leave the hospital out of service.
- A proper seismic detailing of electrical network and plumbing at the isolation story is of significant importance so no interruption of service occurs after the earthquakes due to failure in these installations.
- The nonstructural wall damage occurring in the isolated superstructure is mainly due to providing insufficient connection between constructed walls and structural frames. In addition, heavy wall construction material such as concrete bricks show inferior performance during seismic action of the superstructure in terms of cracking and out of plane failure.
- Appropriate seismic design of the installations at the isolated hospital building is necessary for uninterrupted service after an earthquake. Hanged ceiling components, electrical connections, fire suppression systems should be designed according to expected seismic demands of the superstructure. It has been documented that the hospital could be taken out of service due to failure in these systems even though the structure survives the earthquake with no or minor damage.

#### References

1. Disaster and Emergency Management Directorate, AFAD. Turkish Earthquake Code for building structures: specifications for design of buildings under earthquake forces, Ankara, Turkey, 2018.
2. International Code Council, 2018 international building code, J. Chem. Inf. Model. (2018) 757.
3. Eurocode 8, Uni En, EN 1998-1: 2004: design of structures for earthquake resistance—Part 1: general rules, seismic actions and rules for buildings, Eur. Comm. Norm Brussels (2004) 1.
4. ASCE 7-16, American Society of Civil Engineers, Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, Reston, VA, 2017.
5. Winters CW, Constantinou MC, Evaluation of static and response spectrum analysis procedures of seaoc/ubc for seismic isolated structures, Tech. Rep. NCEER 93-0004, National Center for Earthquake Engineering Research, University at Buffalo, State University of New York, Buffalo, NY, USA (1993).
6. Tsopelas P, Constantinou MC, Kircher CA, Whittaker AS. Evaluation of simplified methods of analysis for yielding structures. USA: University of Buffalo (SUNY); 1997.
7. Miranda E, Ruiz-Garcia J. Evaluation of approximate methods to estimate maximum inelastic displacement demands, Earthq. Eng. Struct. Dynam. 31 (2002), 539–560.
8. Guyader AC, Iwan WD. Determining Equivalent Linear Parameters for Use in a Capacity Spectrum Method of Analysis, Journal of Structural Engineering, 132(1), pp. 59–67, 2006.
9. Ryan KL, Chopra AK. Estimating the seismic displacement of friction pendulum isolators based on non-linear response history analysis. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 2004; 33(3):359–73.
10. Fadi F, Constantinou MC. Evaluation of simplified methods of analysis for structures with triple friction pendulum isolators. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 2010;39(1):5–22.
11. Özdemir G, Constantinou MC. Evaluation of equivalent lateral force procedure in estimating seismic isolator displacements. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 2010;30(10):1036–42.

*Məqaləyə istinad: Kaatsız K., Alici F.S., Tanışer S. Kahramanmaraş zəlzələlərindən sonra əsas izolyasiya ilə xəstəxana binalarının performansının qiymətləndirilməsi. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzMİU, s. 52-57, N2, 2023*

*For citation: Kaatsız K., Alici F.S., Tanışer S Performance evaluation of base isolated hospital buildings after Kahramanmaraş earthquakes. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzUAC, p. 52-57, N2, 2023*

**Məqalə INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES (AERS2023) adlı konfrans materialıdır.**

## EXPERIMENTAL STUDY ON OUT-OF-PLANE BEHAVIOUR OF MASONRY WALLS STRENGTHENING WITH CARBON FIBER REINFORCED POLYMER SHEETS

**Yilmaz Mahmut-** PhD., ass.prof., Department of Civil Engineering, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Turkey

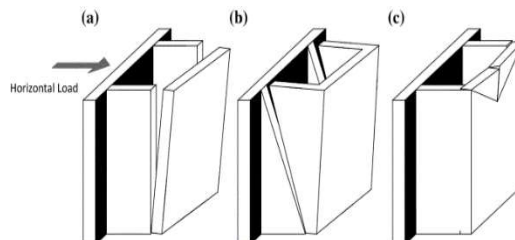
**Yasin Muhammet-** mech.sc., student, Department of Civil Engineering, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Turkey

**Mercimek Omer-** PhD., ass.prof., Department of Civil Engineering, Ankara University, Ankara, [omercimek@ankara.edu.tr](mailto:omercimek@ankara.edu.tr)

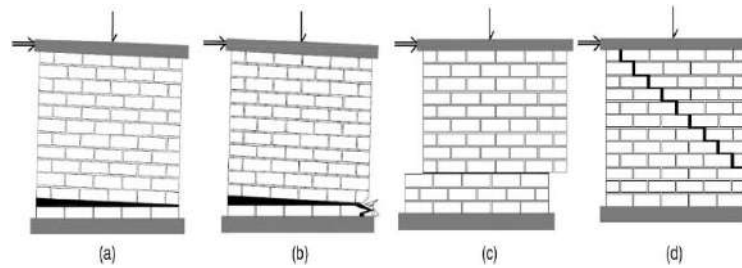
**Abstract.** In this study, the out-of-plane failure mechanism of medium-sized masonry panels, which is frequently encountered during earthquakes, is discussed. Four of 100 mm x 410 mm x 1200 mm masonry panels were fabricated for the experimental study. Solid brick with dimensions of 50 mm x 100 mm x 200 mm was used in the production of the masonry panels. For mortar, repair mortar was used for ease of production. Three of the test specimens were strengthened with carbon fiber reinforced polymer (CFRP). The number of strips and the way of applying strips were adopted as test parameters. Panel specimens were tested under the effect of bending, applying three- point loading. During the experiments the measurements of load, displacement and strain were taken. Behaviour of the masonry panels were assessed in terms of ultimate load, the displacement corresponding to the ultimate load, stiffness and energy dissipation capacity. According to the results obtained, it is concluded that the strengthened masonry panels are quite successful against the out-of-plane failure mechanism.

**Keywords:** masonry panel, out-of-plane, CFRP

**Introduction.** It is known that most of the studies on earthquake resistant building design are on reinforced concrete and steel structure systems. For many western countries this makes sense because the usual building type in those countries is usually reinforced concrete or steel structures [1]. However, brick, adobe and stone masonry walls constitute the traditional building type in the Middle East and Eastern countries as well as in Turkey. Earthquakes cause collapse and loss of life in masonry buildings as well as reinforced concrete and steel structures. For this reason, it is extremely important to understand the earthquake behaviour of masonry structures and to make such structures safe against earthquakes. During an earthquake, masonry structures can have different failure modes. A masonry wall that can carry and transfer vertical and horizontal loads without collapsing must have geometric and physical properties that allow a monolithic behaviour [2]. It is thought that such a masonry wall could theoretically have two type of failure modes, in-plane, and out-of-plane, without any deterioration between brick and mortar [3-4]. Out of plane behaviour includes the collapse mechanism based on arch effect classified as horizontal and vertical bending mechanisms as well as the overturning mechanism shown in Figure-1. In-plane mechanisms, on the other hand, are the mechanisms in which each wall works individually and consists of various crack patterns such as crushing, tension, bending, diagonal shear and shear cracks, as seen in Fig.2.



**Figure 1.** Out of plane mechanisms [4]



**Figure 2.** In-plane mechanisms [4]


When the literature is reviewed, it is seen that the main purpose of strengthening methods is to ensure sustainability and cost-effectiveness, and researchers have gradually turned to the use of structural materials with advanced technological properties. In some of the studies, jacketing was applied to the reinforced concrete structural elements by using concrete and steel reinforcement with higher strength than the material strength of the existing structure, and the bearing capacity of the structural element was tried to be increased [5-10]. Although good results were obtained in terms of bearing capacity, the difficulties encountered during the jacketing application caused a decrease in the use of this technique. Instead, strengthening of the structural elements with steel elements against shear and bending forces has come to the fore [11-13]. In this strengthening method, cost and architectural concerns and risks caused by negative environmental effects such as fire or corrosion were encountered. In the last 20 years, fiber reinforced polymers (FRP) have been widely used instead of these strengthening methods and many structures have been strengthened with this method. Also, many scientific studies have been carried out on the subject and FRP has become one of the most preferred materials in the strengthening-retrofitting literature [14-25]. Strengthening with FRP has also been applied to masonry structures and very successful results have been obtained [26-31].

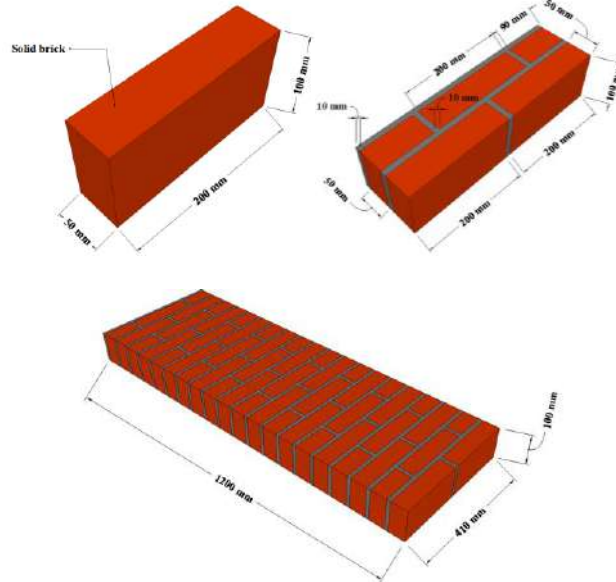
From these studies, it was concluded that the strengthened method applied with epoxy bonded FRP systems gave very positive results in terms of bearing capacity, displacement capacity, stiffness, and energy consumption for masonry walls under the effect of different loadings. In the studies reviewed, it was seen that the strengthening made by bonding the textile material to cover the entire surface of the test specimen is quite limited. Within the scope of this study, four medium-sized masonry wall specimens were constructed and three of them were strengthened with CFRP strips. Two of the walls were strengthened with CFRP strips and one of the walls was strengthened by bonding CFRP to cover the entire surface of it. Behaviour of the masonry panels/walls were assessed in terms of ultimate load, the displacement corresponding to the ultimate load, stiffness, and energy dissipation capacity.

*Experimental study. Test Specimens and Materials.* Properties of the test specimens were given in Table-1. In the name of the specimens, the first letter “S” refers to “strengthened”, the second letter “S” refers to “strip”, the number written near the second letter S refers to the number of strips, the letter “L” refers to “layer”, the number written near the letter L refers to the number of layers. For example, the specimen named as S-S2-L1 was strengthened with 2 strips and the number of layers was 1. Dimensions of the bricks and the wall specimens were shown in Fig.3.

**Table 1.** Properties of test specimens [29]

Specimen	Dimensions	Number of strips	Number of layers
Control	100 mm x 410 mm x 1200mm	without strengthening	
S-S1-L1		1	1
S-S2-L1		2	1
S-F-L1		Full	1

Properties of the CFRP	Value	Picture
Specific Weight (g/m <sup>2</sup> )	300 ± 10	
Thickness (mm)	0,12	
Tensile Strength (MPa)	4100	
Modulus of Elasticity (MPa)	231000	
Maximum Tensile Strain (%)	1,7 %	



**Figure 3.** Geometric dimensions and some details of the test specimens [29]


Masonry blocks of 50 mm x 100 mm x 200 mm were characterized by compression following [30]. A cement-based mortar was used in the bed joints (10 mm wide). It is classified as M5 according to and was fully characterized on bending and compression, and elastic modulus, according to [31] and respectively.

**Table 2.** Average mechanical properties of masonry materials and assemblages [30]

Material	Compressive strength (N/mm <sup>2</sup> )	Flexural strength (N/mm <sup>2</sup> )	Elastic Modulus(N/mm <sup>2</sup> )
Solid brick	3.15	-	-
Mortar	9.23	2.08	7.12

Strengthening details of the test specimens were shown in Figure-4 The properties of CFRP and two-component epoxy used for strengthening were given in Table 3. Strengthening stages were shown in Fig. 5. The surface on which the strip would be bonded was smoothed by a machine to remove protrusions. Then, compressed air was applied to the surface and dust was completely removed from the surface with a wet cloth. After the position of the strip was marked, the two-component epoxy was applied to the wall surface and the CFRP strip was placed onto the epoxy by hand pressing. Finally, another layer of epoxy was applied on the strip.

**Table 3.** CFRP Sikawrap 300-C and Sikadur 330 [30]

Properties of the Epoxy	Value	Picture
Tensile Strength (MPa)	30	
Modulus of Elasticity (MPa) (Bending)	3800	
Modulus of Elasticity (MPa) (Tensile)	4500	
Maximum Tensile Strain (%)	0,9 %	

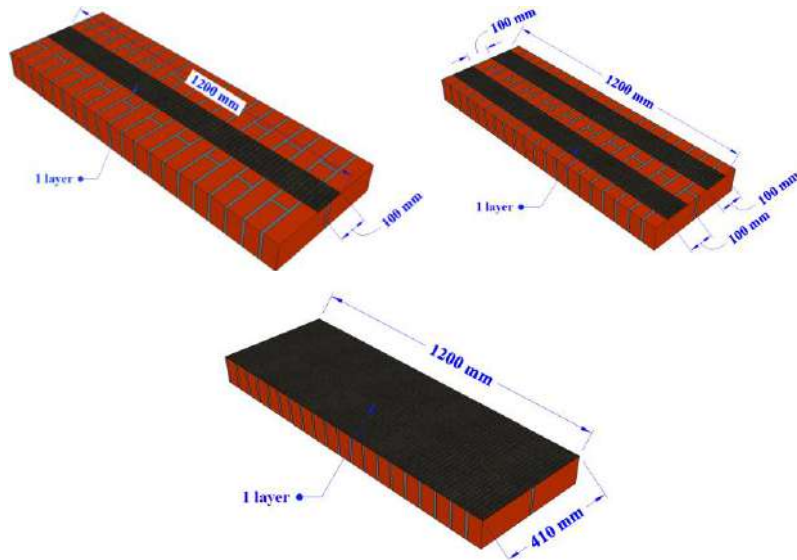
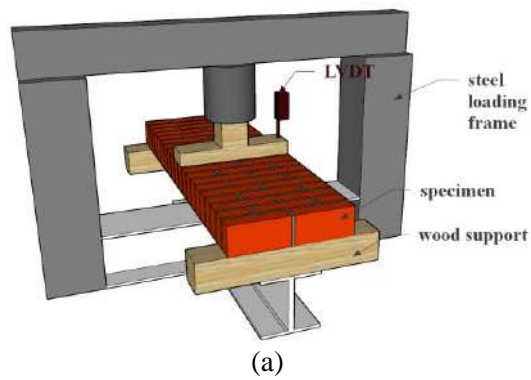
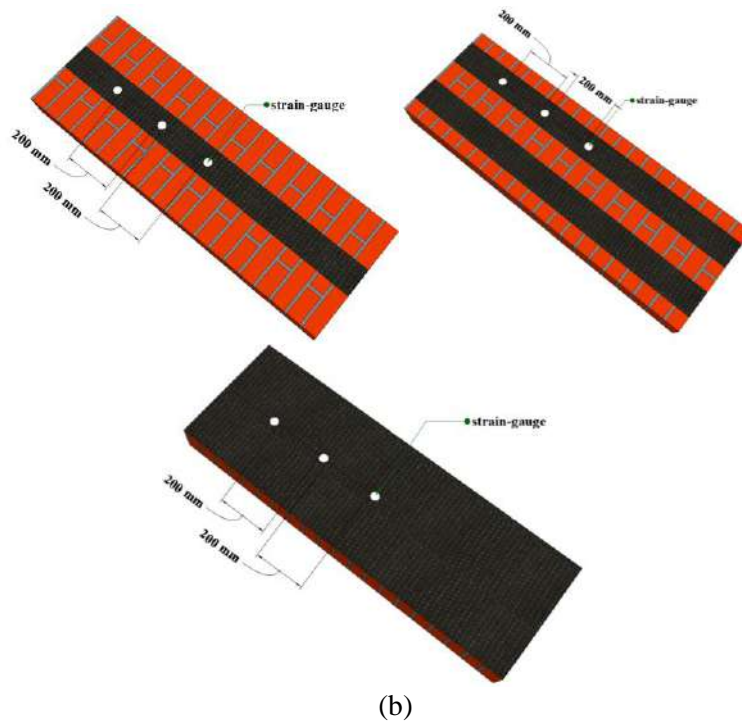


Figure 4. Strengthening details of specimens [30]



Figure 5. Strengthening processes of masonry panels [30]

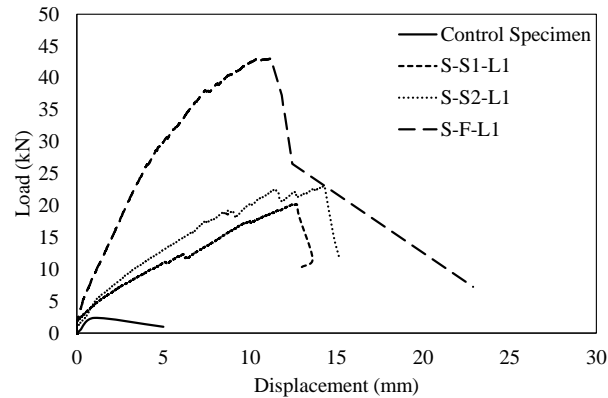




**Figure 6.** (a) Test setup and instrumentations and (b) strain-gauge locations [30]

**Test Setup and Instrumentation.** The illustration showing the test and measurement setup in which the study was carried out was given in Figure 6. The axial load capacity of the test setup is 200 kN. The concentrated bending load was applied to the masonry panel specimens via a motor-controlled hydraulic system. The test specimens were loaded until collapse under the effect of monotonically increased loading and the experiments were followed simultaneously by the drawing of the load-displacement curves. The axial load applied to the masonry panel specimens was measured with a load cell having a capacity of 200 kN. The displacement values occurred in the test specimens due to the applied load were measured with a linear variable differential transformer (LVDT) having a capacity of 100 mm placed in the test setup. In addition, three strain measurements were taken on the strengthened masonry panel walls. All data were evaluated by transferring them to a computer with a data collection system.

**Experimental results and discussion.** The load-displacement curves obtained from the experiments were given in Figure 7. By using load displacement curves, values such as maximum bearing capacity, stiffness and energy dissipation capacity were determined for the assessment and comparison of the behaviour and performance of the test specimens. Comparisons and comments were made by considering the variables in the experimental program. The results obtained from the experimental study were given in Table 4. Ultimate load capacities of the masonry panel walls were obtained by reading the maximum load value reached in the load-displacement curves. Value of stiffness of the test specimens was obtained via dividing the ultimate load by deflection corresponding to the ultimate load. The energy dissipation capacities of the test specimens were obtained by calculating the area under the load-displacement curves. Energy dissipation capacities were calculated using the parts of the load-displacement curves up to the ultimate load. Failure modes of the specimens (control specimen, S-S1-L1, S-S2-L1 and S-F-L1) were shown in Figures 8-11.



**Figure 7.** Load- displacement graphs [31]

**Table 3.** Experimental Results [30]

Spec. #	Ultimate Load (kN)	Disp. At Ultimate Load (mm)	Stiffness (kN/mm)	Energy Dissipation Capacity (kN-mm)	Max. strain (mm/mm)
Control	2.39	0.95	2.52	1.14	
S-S1-L1	20.09	12.71	1.58	155.87	0.01125
S-S2-L1	22.81	14.33	1.59	220.26	0.00875
S-F-L1	43.04	14.04	3.07	322.91	0.00747



**Figure 8.** Failure mode of control specimen [31]

The control specimen reached/achieved a load of 2.39 kN with a displacement of 0.95 mm and collapsed with a brittle manner. As seen in Figure 8, the collapse occurred at the mortar interface. There was no damage to the solid bricks forming the masonry panel walls.



**Figure 9.** Failure mode of S-S1-L1 [31]

The specimen S-S1-L1 reached/achieved a load of 20.09 kN with a displacement of 12.71 mm, and because of debonding of the CFRP strip from the masonry surface, the specimen suddenly lost its bearing capacity and

collapsed. In the middle part of the masonry wall, it was observed that the solid bricks were crushed because of compression (Fig.9).



**Fig 10.** Failure mode of S-S2-L1 [31]

The specimen S-S2-L1 reached a load of 22.81 kN with a displacement of 14.33 mm. The specimen suddenly lost its bearing capacity and collapsed because of debonding of the CFRP strip from the masonry surface. One of the strips deboned from the surface and the other one continued to contribute to the bearing capacity despite locally debonding of it. It is thought that the reason why these two strips do not collapse at the same time is a workmanship fault. Because the behavior of the strips was not identical even though there were identical loads on both strips.



**Figure 11.** Failure mode of S-F-L1 [31]

The specimen S-F-L1 reached a load of 43.04 kN with a displacement of 14.04 mm. Although the failure mode of the test specimen is similar with the other strengthened test specimens, the increase in the bearing capacity is quite remarkable.

As shown in Figure 11, solid bricks had large cracks and damage unlike other specimens. In other words, the specimen did not collapse due to the damages at the mortar interface. It determined that the solid bricks that make up the specimen reached the bearing capacity and were failure to compression and shear (complex) collapse.

The bearing capacity of S-S1-L1, S-S2-L1 and S-F-L1 is 8.41, 9.54 and 18.0 times greater than the reference specimen, respectively. The displacement capacities of the strengthened specimens have also increased. The displacements at maximum load are 13.38, 15.08 and 14.78 times greater than the reference specimen,



respectively. Significant improvements have been achieved in energy dissipation capacity. Compared to the reference specimen, an increase of approximately 280 times has been achieved.

**Conclusion.** Within the scope of this study, three of the four masonry panels produced were strengthened with CFRP strips. It was aimed to determine the out-of-plane behavior of specimens under quasi-static three-point bending and the following results were obtained;

- It has been demonstrated once again that masonry walls are extremely weak in out-of-plane behavior.
- The reference specimen carried a load of approximately 3 kN and had an extremely limited displacement (0.95 mm).
- When the strengthened specimens are taken into account, the maximum carrying capacity has increased by at least 8.41 and at most 18.00 times.
- Significant increases were also obtained in the displacement capacities of the strengthened specimens.
- Considering the reference specimen in terms of energy consumption, which is one of the most important parameters during an earthquake, an increase of up to 280 times has been achieved.
- This study has shown that masonry walls can be strengthened simply and the out-of-plane collapse mechanism that occurs during earthquakes can be prevented.

### References

1. R. Kani, M. Erdal, N. S. I. Ş. İ. K., and G. S. E. R. İ. Mer, “Düzlem Dışı Yüklenen Yığma Yapıların Deneysel Davranışı,” 2005
2. D. F. D’Ayala, and S. Paganoni, “Assessment and analysis of damage in L’Aquila historic city centre after 6th April 2009,” *Bulletin of Earthquake Engineering*, vol. 9, no. 1, pp. 81-104, 2011
3. N. Augenti, and F. Parisi, “Learning from construction failures due to the 2009 L’Aquila, Italy, earthquake,” *Journal of Performance of Constructed Facilities*, vol. 24, no. 6, pp. 536-555, 2010
4. S. Lagomarsino, “Seismic assessment of rocking masonry structures,” *Bulletin of earthquake engineering*, vol. 13 no. 1, pp. 97-128, 2015
5. Rodriguez, M., Park, R. 1994. “Seismic load tests on reinforced concrete columns strengthened by jacketing”, *ACI Structural Journal*, 91(2),150–159
6. Stoppenhagen, D. R., Jirsa, J. O., Wyllie, L. A. 1995. “Seismic repair and strengthening of a severely damaged concrete frame”, *ACI Structural Journal*, 92(2), 177–187
7. Júlio, E. S., Branco, F., Silva, V. D. 2003. “Structural Rehabilitation of Columns using Reinforced Concrete Jacketing”, *Progress in Structural Engineering and Materials*, 5(1), 29-37
8. Eduardo, N. B. S. Júlio., Fernando, A. B. Branco., Vítor, D. Silva. 2005. “Reinforced Concrete Jacketing—Interface Influence on Monotonic Loading Response”, *ACI Structural Journal*, 102(2), 252-257
9. Júlio, E. S., Branco, F., Silva, V. D. 2004. “Concrete-to-Concrete Bond Strength- Influence of the Roughness of the Substrate Surface”, *Construction and Building Materials*, 18(9), 675-681
10. Chung, L. L., Wu, L. Y., Lien, K. H. 2011. “Experimental study on retrofit of school buildings by adding sandwich columns to partition brick walls”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 40, 1417-1434
11. Chai, Y. H., Priestley, M. J. N., Seible, F. 1994. “Analytical model for steel jacketed Reinforced Concrete circular bridge columns”, *ASCE Journal of Structural Engineering*, 120(8), 2358–76
12. Mahrenholtz, C., Lin, P. C., Wu, A. C., Tsai, K. C., Hwang, S. J., Lin, R. Y., Bhayusukma, M. Y. 2015. “Retrofit of reinforced concrete frames with buckling-restrained braces”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 44, 59-78
13. Shafaei, J., Hosseini, A., Marefat, M. S., Ingham, J. M. 2017. “Rehabilitation of earthquake damaged external RC beam-column joints by joint enlargement using prestressed steel angles”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 46, 291-316
14. Herwig, A., Motavalli, M. “Axial behavior of square Reinforced Concrete columns strengthened with lightweight concrete elements and unbonded GFRP wrapping”, *ASCE Journal of Composites for Construction*, 16, 747–52. 2016
15. Hu, Y. M., Yu, T., Teng, J. G. 2011. “FRP confined circular concrete filled thin steel tubes under axial compression”, *ASCE Journal of Composites for Construction*, 15(15), 850–60
16. Parvin, A., Brighton, A. “Fiber Reinforced Polymer composites strengthening of concrete column under various loading conditions”, *Polymers*, 6, 1040–56.2014
17. Olivova, K., Bilcik, J. “Strengthening of concrete columns with CFRP”, *Slovak Journal of Civil Engineering*, 1, 1–9. 2009

18. Barros, J. A. O., Varma, R. K., Sena-Cruz, M., Azevedo, A. F. M. 2008. "Near surface mounted FRP strips for the flexural strengthening of RC columns – experimental and numerical research", Engineering Structures, 30(12), 3412–25.
19. Lorenzis, D. L., Nanni, A., Tegola, L. A. 2000. "Strengthening of Reinforced Concrete structures with Near Surface Mounted FRP Rods", International Meeting on Composite Materials PLAST 2000.
20. Ze-Jun, G., Michael, J. C., Tsu-Wei, C., David, Y. C. P. 1998. "The retrofitting of reinforced concrete column-to-beam connections", Composites Science and Technology, 58(8), 1998, 1297-1305.
21. Sheikh, S. A. 2002. "Performance of concrete structures retrofitted with fibre reinforced polymers", Engineering Structures, 24(7), 869-879.
22. ElGawady, M. A., Lestuzzi, P., Badoux, M. 2006. "Shear strength of URM walls retrofitted using FRP", Engineering Structures, 28(12), 1658-1670.
23. Wei, H., Wu, Z., Guo, X., Yi, F. 2009. "Experimental study on partially deteriorated strength concrete columns confined with CFRP", Engineering Structures, 31(10), 2495-2505.
24. Chen, W. W., Yeh, Y. K., Hwang, S. J., Lu, C. H., Chen, C. C. 2012. "Out-of-plane seismic behavior and CFRP retrofitting of RC frames infilled with brick walls", Engineering Structures, 34, 213-224.
25. Obaidat, Y. T., Abu-Farsakh, G., Ashteyat, A. M. 2019. "Retrofitting of partially damaged reinforced concrete beam-column joints using various plate-configurations of CFRP under cyclic loading", Construction and Building Materials, 198, 313-322.
26. Morbin, A., & Nanni, A. (2002). Strengthening of masonry elements with FRP composites. Report CIES, 02-23.
27. Holberg, A. M., & Hamilton Iii, H. R. (2002). Strengthening URM with GFRP composites and ductile connections. Earthquake Spectra, 18(1), 63-84.
28. Stratford, T., Pascale, G., Manfroni, O., & Bonfiglioli, B. (2004). Shear strengthening masonry panels with sheet glass-fiber reinforced polymer. Journal of Composites for Construction, 8(5), 434-443.
29. Santa Maria, H., Alcaino, P., & Luders, C. (2006, April). Experimental response of masonry walls externally reinforced with carbon fiber fabrics. In Proceedings of the 8th US national conference on earthquake engineering (pp. 18-22).
30. Rahman, A., & Ueda, T. (2016). In-plane shear performance of masonry walls after strengthening by two different FRPs. Journal of composites for construction, 20(5), 04016019.
31. Doran, B., Ulukaya, S., Unsal Aslan, Z., Karslioglu, M., & Yuzer, N. (2021). Experimental Investigation of CFRP Strengthened Unreinforced Masonry Walls with Openings. International Journal of Architectural Heritage, 1-14.

*Məqaləyə istinad: Yılmaz M., Yasin M., Mercimek O. Karbon liflə gücləndirilmiş polimer təbəqələrlə möhkəmləndirilmiş hörgü divarlarının müstəvidən kənar davranışı üzrə eksperimental tədqiqat. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzMİU, s. 58-66, N2, 2023*

*For citation: Yılmaz M., Yasin M., Mercimek O. Experimental study on out-of-plane behaviour of masonry walls strengthening with carbon fiber reinforced polymer sheets. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzUAC, p. 58-66, N2, 2023*

***Məqalə INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES (AERS2023) adlı konfrans materialıdır.***

<http://doi.org/1058225/sw.2023.2-67-77>

## INVESTIGATION OF CORNER FAILURE MECHANISMS OF MASONRY STRUCTURES CAUSED BY THE 6 FEBRUARY 2023 KAHRAMANMARAS EARTHQUAKES IN MALATYA

**Mercimek Omer-** PhD., ass.prof., Department of Civil Engineering, Ankara University, Turkey, omercimek@ankara.edu.tr

**Erbash Yashar-** PhD., research ass., Department of Civil Engineering, Bartın University, Turkey

**Turker Mehmet Salih-** research ass., Department of Civil Engineering, Ankara Yildirim Beyazıt University, Turkey

**Sercan Tuna Akkaya-**PhD., prof., Department of Civil Engineering, Gazi University, Turkey

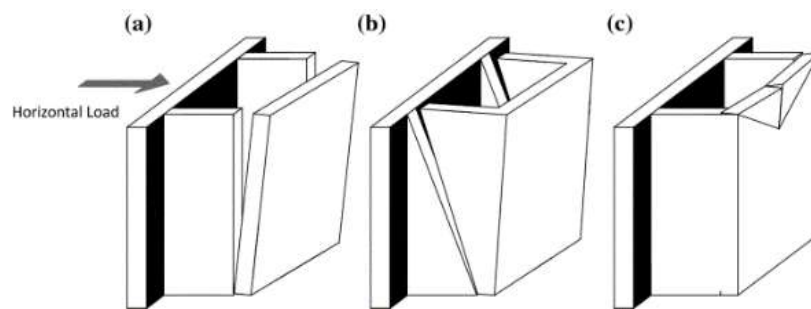
**Ozgun Anil-** PhD., prof., Department of Civil Engineering, Gazi University, Türkiye

**Kasimzade Azer**–D.sc., Prof., Department of Mechanics, AzUAC, Baku, azer@omu.edu.tr

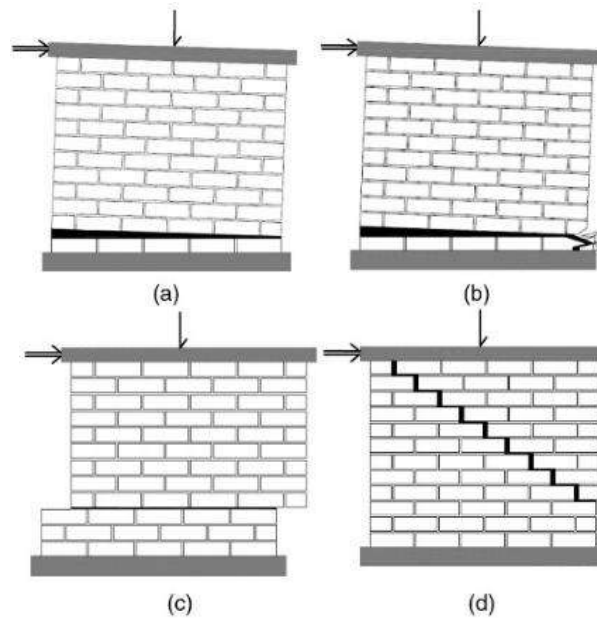
**Abstract.** Corner failure mechanisms observed in masonry structures generally result in severe cases such as large amount of material damage, out of use or loss of life. Despite these negative effects, there has been limited research on the corner failure mechanism and the number of studies based on observations after the earthquake is much less. Within this study, first of all, literature information about the corner failure mechanism is presented and brief information is given about how numerical and experimental studies are carried out to investigate this failure mechanism. Afterwards, corner failure mechanisms in masonry structures in Malatya after the earthquakes in Kahramanmaraş on February 6, 2023, were investigated. In the examinations, it was determined that the corner collapse mechanism was caused by insufficient wall-roof connection, insufficient wall-slab connection, insufficient axial load, insufficient material strength, poor workmanship, and lack of engineering service. In addition, the corner failure mechanism has been observed as out-of-plane failure in many structures which is the most observed and known failure type in masonry structures, and it has been determined that the corner failure mechanism is triggered by out-of-plane and in-plane failure.

**Keywords:** masonry structures, corner failure, earthquake, Kahramanmarash earthquake

**Introduction.** It is thought that the masonry wall can theoretically have two classes of failure modes, in-plane and out-of-plane, without impairment between brick and mortar. [1-2]. Out-of-plane behaviour includes overturning mechanisms as shown in Figure 1, as well as belt-effect mechanisms classified as horizontal and vertical bending mechanisms. In-plane mechanisms, on the other hand, are the mechanisms in which each wall works individually and consists of various crack patterns such as crushing, tension, bending, diagonal shear and shear cracks, as seen in Fig.2.

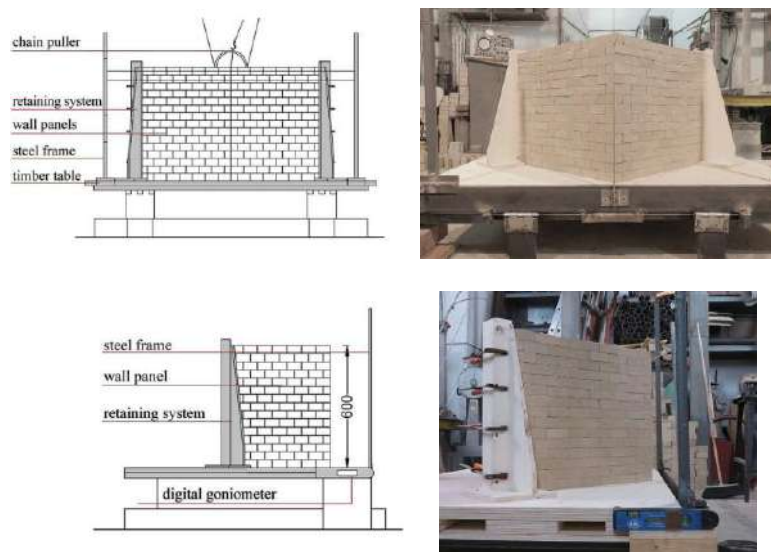


**Figure 1.** Out of plane mechanisms [2]



**Figure 2.** In plane mechanisms [2]

There are many experimental studies in the literature modelling the in-plane and out-of-plane behaviour of masonry structures under the influence of earthquakes [3- 7]. Apart from these failure mechanisms, the corner failure mechanism is the most important failure mechanism that will occur when a masonry structure is not constrained by other adjacent structures. Although this failure mechanism is frequently observed under the influence of earthquakes, there are only a few studies [8-10] in the literature. Casapulla et al. (2018) [11] conducted an analytical study and updated the macro model approach to include frictional resistances. The most fundamental experimental study in the literature was conducted by Casapulla and Maione in 2020 [12]. Although there is an analytical section in the study, it is the first study to experimentally examine the corner failure mechanism. In this study, the experimental behaviour of a wall corner is analysed by simulating seismic horizontal movements through the gradual tilting of its base as shown in Figure 3. The corner wall joint is held at both free ends by a wooden system to simulate the connection effect associated with a larger extension of the real walls.

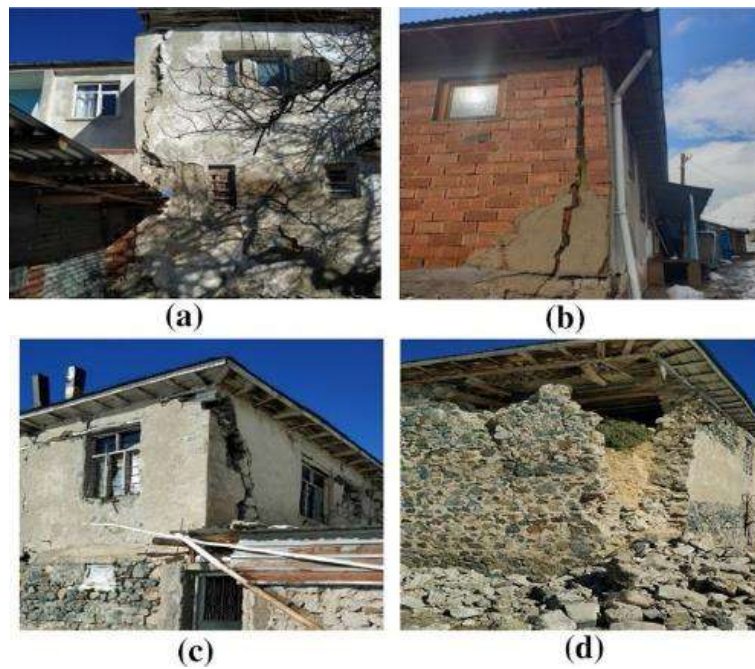


**Figure 3.** Experiment setup created by Casapulla and Maione (2020) [12]

When the studies presented so far are examined, and as a result of the observations made on site due to the earthquakes that occur frequently in our country, it is understood that masonry structures are frequently

exposed to corner failure mechanisms under the influence of earthquakes. Photographs of a study made after the Sivrice (Elazığ) earthquake on February 9, 2007 are shown in Figure 4. As can be easily seen from the photographs, corner collapse mechanisms are present in the masonry structures in the region.

In another study examining the 2003 Bingöl Earthquake, In another study examining the 2003 Bingöl Earthquake [13] it was determined that the rate of collapsed heavily damaged masonry buildings in towns and villages was approximately 30%, and that there were major damages in buildings with loose corner connections. In the same study, it was observed that corner toughness could not be created in collapsed buildings, and houses with large stones in the corners were less damaged. Failure to make wall-to-wall and wall-to-slab connections in accordance with the procedures reduces the strength of the corners under the influence of earthquakes, and in particular, corner points that are not properly supported cause unstable [13]. Separation and corner damage at the corner points due to horizontal offset have been observed in many earthquakes and the importance of making a solid, rigid corner connection has been emphasized in other studies. [15]. Erku Sayın and others [16]., who examined the Elazığ earthquake, which our country has experienced recently and in which many lives were lost, saw and reported that weak wall-to-wall connections and the absence of vertical and horizontal beams in masonry structures caused structural corner breaks.



**Figure 4.** Corner failure mechanisms in masonry structures in the town of Sivrice [16]

Within this study, information about the earthquakes that took place in Kahramanmaraş on February 6, 2023 was presented and then the corner failure mechanisms that occurred in the masonry structures in Malatya were examined.

6 FEBRUARY 2023 KAHRAMANMARASH EARTQUAKES. All of the information given in this section has been obtained from the website of the Republic of Turkey Ministry of Internal Affairs, Disaster and Emergency Management Presidency (AFAD).

The Eastern Anatolian Fault System (EAFS) forms a NE-SW left lateral strike-slip transform boundary with an average width of 30 km and a length of 580 km between the northward moving Arabian Plate and the westward moving Anatolian Block. [17-24]. It meets the westward movement of the Anatolian block together with the EAFS and the North Anatolian Fault System (NAFS), which is one of the most active and active fault systems in Turkey and forms the border between the Anatolian and Arabian Plates. EAFS starts from Karlıova junction point (Kargapazarı) in the northeast and extends as a single zone to the west of Çelikhan. The southern branch of the fault, which splits into two branches here, continues from the north of Gölbaşı Basin and Pazarcık to the Türkoğlu junction in the southwest. The fault jumping to the right in the south of Türkoğlu continues by limiting the Sağlık, Kocagöl and Amik plains from the west and ends by scattering in the south of Kırıkhan. In this part of the EAFS, the Sakçagöz and Narlı parts of the Dead Sea Fault Zone delimit the dent basin, which includes the Sağlık and Narlı plains, from the east. The Narlı part extends from the North of Pazarcık to the

EAFS for 30–40 km in the NNE direction. The northern branch, which separates to the west of Çelikhhan, conforms to the morphology of the Southeast Taurus Mountain Belt and forms a convex bend to the north. This branch consists of the Sürgü Fault, Çardak Fault and the Savrun, Çokak and Toprakkale faults turning SW from Göksun (Figure 5).

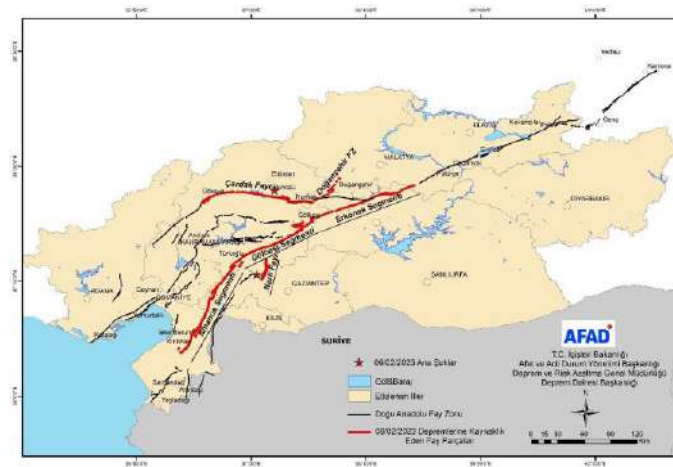


Figure 5. Map showing the fault parts of the Eastern Anatolian Fault System

The Eastern Anatolian Fault System, which was the source of many major earthquakes in the historical period until the early 1900s, had a seismically active period especially in the 19th century. It created a series of earthquakes that started with the 1789 Palu earthquake, continued with the 1822, 1866, 1872, 1874, 1875, and 1893 earthquakes, and finally ended with the 1905 Malatya earthquake at the beginning of the last century. Although it seems to have entered a relatively quiet period after this earthquake, the 22 May 1971 Bingöl ( $M_s=6.8$ ) 5 May 1986 ( $M_s=5.8$ ) and 6 May 1986 ( $M_s=5.6$ ) Doğanşehir earthquakes are earthquakes by EAFS. These earthquakes are the average earthquakes produced by this fault in the last century.

A total of 13 earthquakes ( $M_s > 5.0$ ) occurred that damaged the EAFS even in this period, when EAFS, which did not produce more than 7 earthquakes in the 20th century and almost forgot itself, was calmer in terms of producing large earthquakes compared to the 19th century. However, none of these were greater than  $M_s=6.8$ . The epicentral distributions of these earthquakes tend to concentrate at the boundaries of the segments.

On EAFS, which entered a more active period in the 2000s, respectively; 01.05.2003 Bingöl ( $M_w$  6.3), 14.03.2005 Karlıova Bingöl ( $M_w$  5.8), 21.02.2007 Doğanlıoğlu Malatya ( $M_w$  5.7), 08.03.2010 Kovancılar Elazığ ( $M_w$  6.1), 24.01.2020 Sivrice Elazığ ( $M_w$  6.8), 14.06.2020 Karlıova Bingöl ( $M_w$  5.7) damaging earthquakes have occurred.

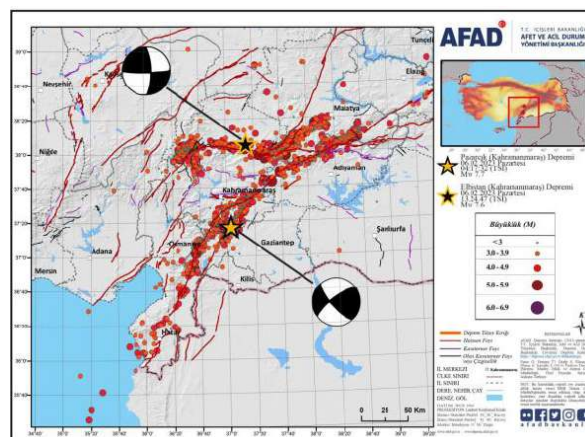


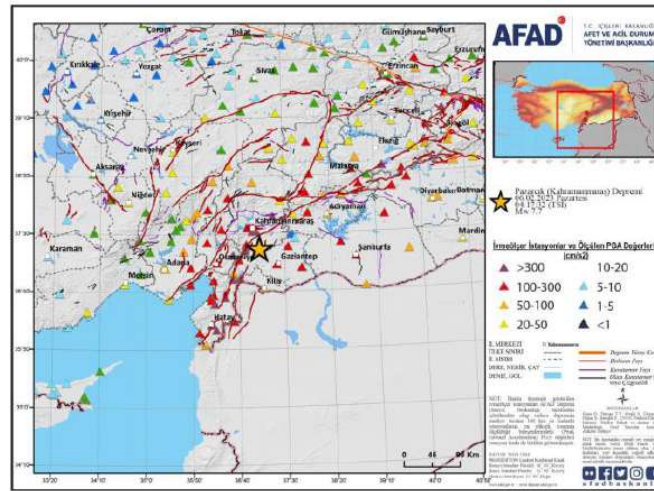
Figure 6. Map showing aftershocks activity of 06.02.2023 earthquakes [16]

On EAFS, on 06.02.2023, at 04:17 Turkey time, Pazarcık (Kahramanmaraş) Mw 7.7 and Elbistan (Kahramanmaraş) Mw 7.6 earthquakes occurred. Oludeniz Fault with a line that includes parts of the Eastern Anatolian Fault System between Çelikhán Pötürge in the northeast of the epicenter earthquake (65 km between Çelikhán-Gölbaşı), Gölbaşı (90 km between Gölbaşı-Türkoğlu), Amanos (110 km between Türkoğlu-Kırıkhan). He broke the Pomegranate Piece at the North end of the System; The second Elbistan eccentric earthquake was thought to be related to the Çardak Fault and the Doğanşehir Fault Zone (Figure 6).

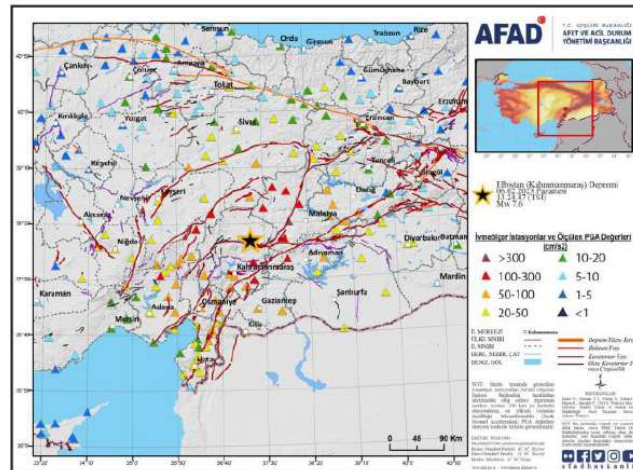
#### INVESTIGATION OF RECORDS FROM EARTHQUAKE STATIONS IN MALATYA WITHIN THE SCOPE OF TURKEY BUILDING EARTHQUAKE REGULATIONS

As of January 2019, a total of 1056 earthquake observation stations, 299 of which are velocity and 757 accelerometers, are operated within the body of AFAD Earthquake Department.

Although some stations did not work after the Mw 7.7 earthquake, which is one of the 6 February 2023 earthquakes, data were recorded in many stations in our country during the Mw 7.7 and 7.6 earthquakes. Pictures of the nearest accelerometers recording both earthquakes are given in Figure-7.



**Figure 7.** Distribution of nearest accelerometer stations recording the Mw 7.7 earthquake [16]



**Figure 8.** Distribution of nearest accelerometer stations recording the Mw 7.6 earthquake [16]

In Malatya, which is one of the provinces most affected by the Mw 7.7 and 7.6 earthquakes, data were recorded at many stations during these earthquakes. The stations closest to Malatya Center are given in Fig.9.

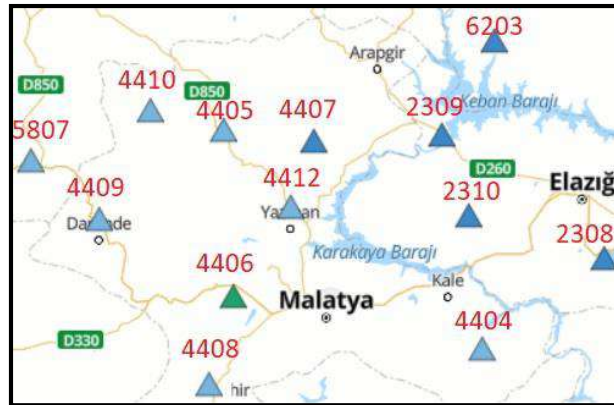
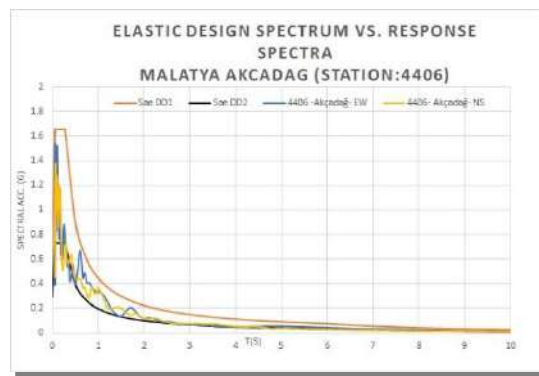
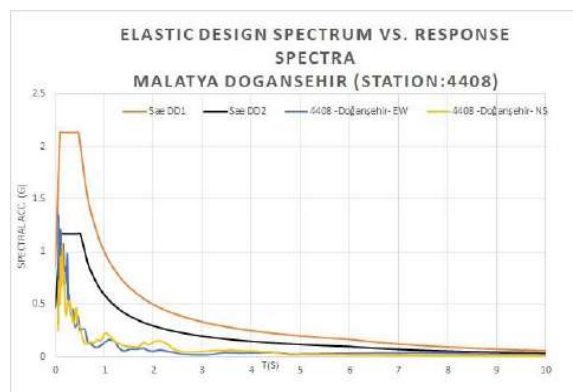


Figure 9. Distribution of accelerometer stations closest to Malatya Center [16]

The reaction spectra created according to the acceleration values received from the stations closest to the center of Malatya, the coordinates of the stations and the graphs created according to the ground are given in Fig.10. As can be seen from these graphs, the reaction spectrum of the earthquake is more than DD2 at most moments and has reached DD1 level at some moments. This is one of the reasons why the destruction of earthquakes is so great.

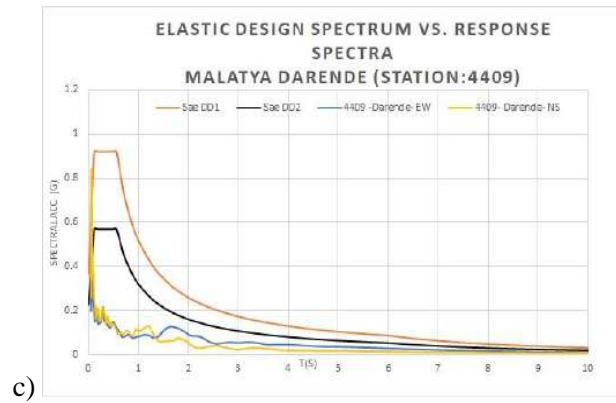


a)



b)





**Figure 10.** Comparison of the response spectrum and design spectra based on the acceleration values obtained from a) 4406, b) 4408 and c) 4409 stations [16]

*Corner failures of masonry structures in Malatya.* Corner failure is usually caused by out-of-plane mechanism effect and wall-to-wall weak connections. This mechanism requires the intersection of walls. Thus, vertical cracks develop, and the wall corners are separated. Weak connections between adjacent walls and the absence of beams cause serious damage. Similar failures are observed at the corners of the roof level due to the decrease in compressive stress and increase in seismic acceleration in the upper floors. In the absence of slab stiffness at roof level, the upper corners are more vulnerable to collapse due to the cantilever-like behaviour [16]. In order to examine these situations, masonry structures at the locations shown in Figure 11 were examined one week after the 6 February 2023 Kahramanmaraş earthquakes.



**Figure 11.** Locations where investigations took place [17]

In the field, a 2-storey masonry structure shown in Fig.12 in Akçadağ district met the research team at the coordinates 38,38479 N, 37,95899 E. In-plane shear cracks were seen advancing approximately 45° from the window corners of the building. The horizontal bending crack advancing from the window on the right has progressed to the corner wall-wall junction area since there is no vertical beam. Corner collapse mechanism was triggered as a result of in-plane and out-of-plane damage mechanisms, which occurred as a result of the deterioration of the structural integrity as a result of not making the beam at the roof level and directly supporting the wooden roof to the masonry wall.



**Figure 12.** A 2-storey masonry building (38,38479 N, 37,95899 E) [17]

Figure 13 shows the damage in a 4-storey masonry building in the town of Battalgazi at 38.35371 N, 38.32353 E positions. Also, in Figure 13, two masonry structures with adjacent order and not the same number of floors are shown. The corner collapse mechanism was triggered due to the out-of-plane damage on the perpendicular frontal walls of the rear building from the point where the roof level of the front building ends. The architectural irregularities between the buildings and the horizontal and vertical discontinuities of the load-bearing elements trigger out-of-plane collapse and corner failure mechanisms. The horizontal beams applied at the top of the window in the building at the back preserved the structural integrity thanks to the box-type behavior. In addition, by preventing the corner collapse mechanism from advancing along the floor, it prevented the collapse at the frontal junction.



**Figure 13.** Two masonry buildings with adjacent layout and not the same number of floors (38,35371 N, 38,32353 E) [17]

Again, the damage distribution in the masonry structure located at 38.35371 N, 38.32353 E positions in Battalgazi district is shown in Figure 14. Shear cracks were observed in the wall parts between the window openings on the ground and first floors of the four- storey masonry building. Corner failure mechanisms have occurred due to the bossage in these wall parts. In addition, another out-of-plane damage was observed on the left side of the main entrance door at the level of the first-floor of the building.



**Figure 14.** A masonry structure with a corner failure mechanism and shear cracks (38.35371 N, 38.32353 E) [17]

In Figure 15, the damages of a 2-storey masonry structure at 38.35267 N, 38.31155 E positions in Battalgazi district are shown. In the two-storey masonry structure seen, failure mechanism due to lack of roof and diaphragm, collapse of the wall part due to out-of-plane bending mechanism (left), heel bending of the partition wall (middle), wall collapse due to in-plane shear damage (middle)



**Figure 15.** Damage distribution of a masonry structure (38.35267 N, 38.31155 E) [17]

Another masonry structure, which is very close to the structure shown in Figure 15, is shown in Figure 16. The horizontal bending crack advancing from the window on the right has progressed to the corner wall-wall junction area since there is no vertical beam. Corner failure mechanism was triggered as a result of in-plane and out-of-plane damage mechanisms, which occurred as a result of the deterioration of the structural integrity as a result of not making the beam at the roof level and directly supporting the wooden roof to the masonry wall.



**Figure 16.** Damage distribution in a single storey masonry building (38.35256 N, 38.31163 E) [17]



**Figure 17.** A masonry structure that combines the causes of the corner collapse mechanism (38.31279 N, 38.25054 E) [17]

The structure shown in Fig.17, on the other hand, is a masonry structure where the reasons for the corner failure mechanism are together. It has been determined that there is insufficient connection between the roof system and load-bearing walls in the building, which was built with adobe without any engineering service. The front wall of the building collapsed due to out-of-plane bending, which caused separations at the corner joint and the structure was heavily damaged. There are many examples of corner failure mechanisms given so far, and some of the failure modes in Gunduzbey neighborhood are presented in Fig.18.



**Figure 18.** Corner failure mechanisms in masonry structures in Gündüzbey district [17]

**Conclusion.** Within this study, first of all, literature information about the corner failure mechanism is presented and some information is given about how numerical and experimental studies are carried out to examine this failure mechanism. Afterwards, corner failure mechanisms that occurred in masonry structures in Malatya after the earthquakes in Kahramanmaraş on February 6, 2023 were examined. In the examinations, it was determined that the corner failure mechanism was caused by insufficient wall-slab connection, insufficient wall-floor connection, insufficient axial load, insufficient material strength, poor workmanship and lack of engineering service. In addition, the corner failure mechanism has been observed in many structures, as is the out-of-plane behaviour, which is the most observed and known failure type in masonry structures, and it has been determined that the corner failure mechanism is triggered by out-of-plane and in-plane failure.

**Acknowledgements.** This project was supported by THE SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH COUNCIL OF TURKEY (TÜBİTAK) with 1002-C program. The authors would like to thank TÜBİTAK for their support.

## References

1. N. Augenti, and F. Parisi, "Learning from construction failures due to the 2009 L'Aquila, Italy, earthquake," *Journal of Performance of Constructed Facilities*, vol. 24, no. 6, pp. 536-555, 2010.
2. S. Lagomarsino, "Seismic assessment of rocking masonry structures," *Bulletin of earthquake engineering*, vol. 13 no. 1, pp. 97-128, 2015.

3. B. H. Pandey and K. Meguro, "Simulation of brick masonry wall behavior under in-plane lateral loading using applied element method," 13th World Conf. Earthq. Eng. Vancouver, BC, Canada, August, no. 1664, pp. 1–6, 2004.
4. M. Mistler, A. Anthoine, and C. Butenweg, "In-plane and out-of-plane homogenisation of masonry," *Comput. Struct.*, vol. 85, no. 17–18, pp. 1321–1330, 2007.
5. T. T. Bui, A. Limam, V. Sarhosis, and M. Hjiat, "Discrete element modelling of the in-plane and out-of-plane behaviour of dry-joint masonry wall constructions," *Eng. Struct.*, vol. 136, pp. 277–294, 2017.
6. A. Anthoine, "Derivation of the in-plane elastic characteristics of masonry through homogenization theory," *Int. J. Solids Struct.*, vol. 32, no. 2, pp. 137–163, 1995.
7. D. Addessi and E. Sacco, "Enriched plane state formulation for nonlinear homogenization of in-plane masonry wall," *Meccanica*, vol. 51, no. 11, pp. 2891–2907, 2016.
8. S. Nayak, and S. C. Dutta, "Failure of masonry structures in earthquake: A few simple cost effective techniques as possible solutions," *Engineering Structures*, vol. 106, pp. 53-67, 2016.
9. C. Casapulla, and E. Speranza, "Definition of collapse mechanisms and seismic vulnerability of historic masonry buildings," *Earthquake Spectra*, vol. 19 no. 3, pp. 479-509, 2003.
10. E. Speranza, "An integrated method for the assessment of the seismic vulnerability of historic buildings. Ph.D. Thesis", University of Bath (UK), 2003.
11. C. Casapulla, A. Maione, L. U. Argiento, and E. Speranza, "Corner failure in masonry buildings: An updated macro-modeling approach with frictional resistances," *European Journal of Mechanics-A/Solids*, vol. 70, pp. 213-225, 2018.
12. C. Casapulla, and A. Maione "Experimental and Analytical Investigation on the Corner Failure in Masonry Buildings: Interaction between Rocking-Sliding and Horizontal Flexure," *International Journal of Architectural Heritage*, vol. 14 no. 2, pp. 208-220, 2020.
13. R. A. OYGUÇ, "2011 Van depremlerinden sonra yığma yapılarda gözlemlenen hasarlar," *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Derg.*, vol. 19, no. 2, pp. 1–20, 2017.
14. A. Karaşin and E. Karaesmen, "1 Mayıs Bingöl Depreminde Meydana Gelen Yığma Yapı Hasarları," 2005.
15. V. Koç, "Depreme Maruz Kalmış Yığma ve Kırsal Yapı Davranışlarının İncelenerek Yığma Yapı Yapımında Dikkat Edilmesi Gereken Kuralların Derlenmesi Examined to the Behavior of Earthquake Exposed Masonry and Rural Buildings with Construction Rules to be Considered i," pp. 36–57, 2016.
16. E. Sayın, B. Yön, O. Onat, M. Gör, and M. Emin, "24 January 2020 Sivrice -Elazığ, Turkey earthquake: geotechnical evaluation and performance of structures," *Bull. Earthq. Eng.*, vol. 19, no. 2, pp. 657–684, 2021.
17. Aksoy, E., İnceöz, M., Koçyiğit, A., 2007. Lake Hazar Basin: a Negative Flower Structure on the East Anatolian Fault System (EAFS), SE Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences* Vol.16, 2007, pp. 1-TÜBİTAK.
18. Arpat, E. ve Şaroğlu, F., 1972. Doğu Anadolu Fayı ile ilgili bazı gözlemler ve düşünceler. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü*. Ankara ss:44-50
19. Jackson, J. and McKenzie, D. P., 1984. Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt between western Turkey and Pakistan. *Geophysics J. R. Ast. Soc.* 1984. 77, 185-264.
20. Lyberis, N. T., Yürür, T., Chorowicz, J., Kasapoğlu, E., Gündoğdu, N., 1992. The East Anatolian Fault: an oblique collisional belt. *Tectonophysics* 204, 1-15.
21. Nalbant, S. S., McCloskey, J., Steacy, S. and Barka, A. A., 2002. Stress accumulation and increased seismic risk in eastern Turkey. *Earth and Planetary Science Letters* 195 (2002) 291- 298. Elsevier P.
22. Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Kuşçu, i., 1992. The East Anatolian fault zone of Turkey. *Annales Tectonicae*, Special Issue-Supplement to volume VI, 99-125.
23. Şengör, A.M.C., Görür, N., Şaroğlu, F., 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape; Turkey as a case study, in; Biddle K.T., Christie –Blick N.(Eds.), *Strike-slip Faulting and Basin Formation*, Soc. Econ.Paleontol. Mineral.Sp. Pub., 37,227-264.
24. Westaway, R., 2003. Kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean Updated. *Turkish Journal of Earth Sciences*. Vol.12, 2003, pp. 5-46. TÜBİTAK.

*Məqaləyə istinad: Mercimek Ö., Erbaş Y., Türker M.S., Sercan TA., Özgür A., Qasımzadə A. MALATYA'DA 6 Fevral 2023-cü il Qəhrəmanmaraş zəlzələlərinin səbəb olduğu hörgü konstruksiyaların künc qırılma mexanizmlərinin tədqiqi. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzMİU, s. 67-77, N2, 2023*

*For citation: Mercimek O., Erbash Y., Turker M.S., Sercan TA., Ozgur A., Kasimzade A. Investigation of corner failure mechanisms of masonry structures caused by the 6 February 2023 Kahramanmaraş earthquakes in Malatya. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzUAC, p. 67-77, N2, 2023*

***Məqalə INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES (AERS2023) adlı konfrans materialıdır.***

## OBSERVATIONS ON THE FAILURE MECHANISMS OF MASONRY STRUCTURES CAUSED BY THE KAHRAMANMARAS EARTHQUAKE ON FEBRUARY 6, 2023

**Mercimek Omer-** PhD., ass.pof. Department of Civil engineering, Ankara University, Turkey, omercimek@ankara.edu.tr

**Erbash Yashar-** PhD., research ass., Department of Civil engineering, Bartın University, Bartın

**Salih Turker Mehmet-** research ass., Department of Civil engineering, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Turkey

**Sercan Tuna Akkaya-** research ass., Department of Civil engineering, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Turkey

**Ozgun Anil-**PhD., prof., Department of Civil engineering, Gazi University, Turkey.

**Kasimzade Azer-** D.sc., Prof., Department of Mechanics, AzUAC, Baku, azer@omu.edu.tr

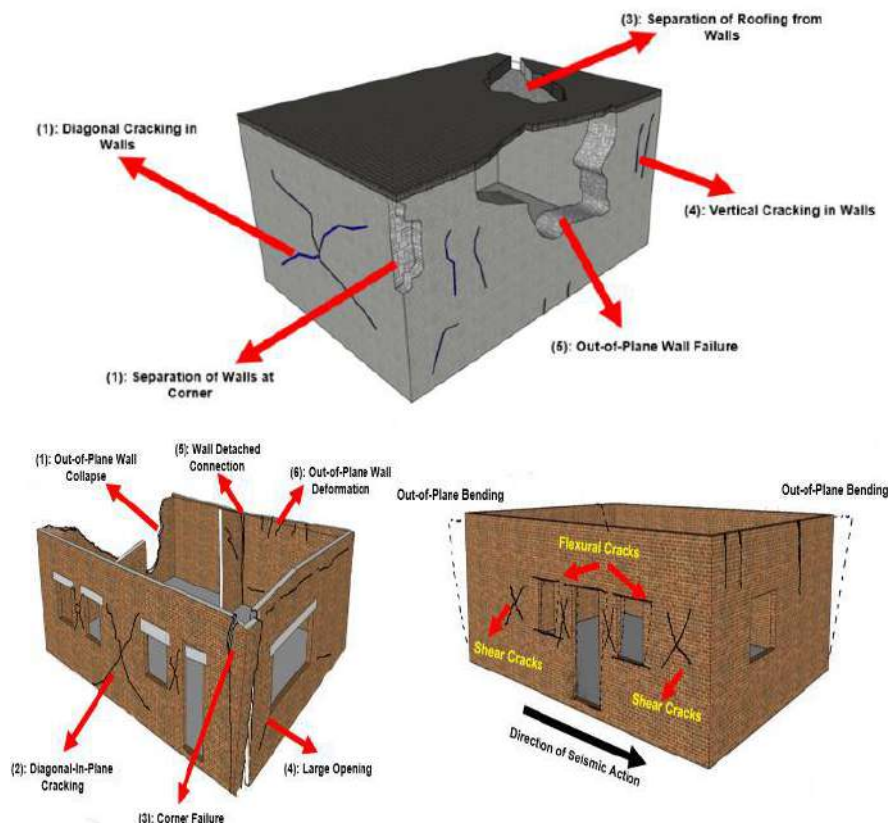
**Abstract.** In this study, the failure modes of masonry structures after the earthquake occurred in Kahramanmaraş on February 6, 2023 were investigated by fieldwork. In this study, information was given about the building stock in the Turkey and the Middle East countries, and a literature including studies examining the general failure modes in masonry structures was presented. After presenting the ground acceleration data and earthquake parameters measured during the earthquake, damage distributions in historical masonry structures and masonry structures used as residences were examined. Failures were examined as out-of-plane, in-plane, and corner damages. In the examinations, it has been determined that the failure mechanisms are triggered by unqualified wall-slab and wall-floor connections, insufficient axial load and material-strength, poor workmanship and lack of engineering service. In addition, how an earthquake resistant masonry structure could be build also discussed.

**Keywords:** masonry structure, out-of-plane, in-plane, corner failure, earthquake

**Introduction.** In Turkey, which hosts the second most active group of fault lines in the world, masonry building type is widely preferred especially in rural areas. Masonry structures, among other types of structures (reinforced concrete and steel), are the most difficult type of structure to determine their behavior under dynamic effects. Although there has been a decrease in the construction of new masonry structures in recent years, with the increase in migration from rural areas to cities in our country, it is predicted that the masonry building preference will continue in our country, at least considering the regional conditions and economic conditions in rural areas [1]. As a matter of fact, in order to make these new structures earthquake resistant, a new heading was opened for masonry building carrier systems under the influence of earthquakes in the 2019-Turkey Building Earthquake Code (2019 TBDY- Chapter-11) and very important steps were recorded for earthquake resistant masonry structure design. In addition, in order to increase the preferability of masonry buildings to a higher level, rather than being an alternative only for rural areas, considering new technological developments, masonry buildings with siege, reinforced and reinforced panel systems have been included in this new earthquake regulation, as well as traditional unreinforced masonry structures. All these important developments herald that masonry structures can be an alternative to other building types in our country, with new design criteria and technological developments, even under the influence of earthquakes. However, as expected, it cannot be said that special rules are applied for many masonry structures currently used, especially during the design and construction process, taking into account the earthquake effect. Another important issue is that many of our historical buildings are masonry structures. For this purpose, it is of great importance to determine the performance levels of existing masonry structures against earthquakes and to strengthen them quickly and economically, if necessary, either before the earthquake or in case of slight damage due to the earthquake. In the literature, it can be easily seen that most of the studies on earthquake resistant building design are on reinforced concrete and steel structure systems. This makes sense for many western countries because the usual building type in these countries is usually reinforced concrete and steel [2]. However, brick, adobe and stone masonry walls constitute the traditional building type in Turkey as well as in the Middle East and Eastern countries. Earthquakes cause collapse and loss of life in masonry buildings as well as reinforced concrete and steel structures. From this point of view, it is extremely important to understand the earthquake behavior of masonry buildings and to make such structures safe against earthquakes. During an earthquake, masonry structures can have different failure modes. A masonry wall that can carry and transfer vertical and horizontal forces without collapsing should have geometric and physical properties that allow a monolithic behavior [3]. It is thought that

such a masonry wall could theoretically have two classes of failure modes, in-plane and out-of-plane, without any deterioration between brick and mortar [4-5]. Out-of-plane behavior includes tilting mechanisms, as shown in Figure 1, as well as belt-based mechanisms classified as horizontal and vertical bending mechanisms. In-plane mechanisms, on the other hand, are the mechanisms in which each wall works individually and consists of various crack patterns such as crushing, tensile, bending, diagonal shear and shear cracks, as seen in Fig. 2.

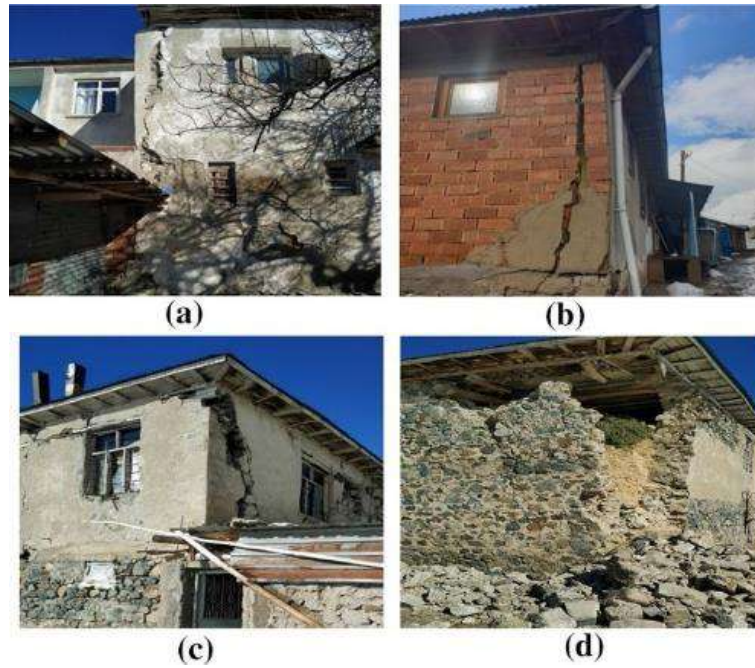
Many experimental studies modeling the in-plane and out-of-plane behavior of masonry structures under the influence of earthquakes are available in the literature [6-10]. Apart from these failure mechanisms, the corner failure mechanism is the most important failure mechanism that will occur when a masonry structure is not constrained by other adjacent structures. Although this failure mechanism is frequently observed under the influence of earthquakes, there are only a few studies [11-13] in the literature. Casapulla et al. (2018) [14] conducted an analytical study and updated the macro model approach to include frictional resistances. The most basic experimental study in the literature was conducted by Casapulla and Maione in 2020 [15].



**Figure 1.** Common failure mechanism for masonry structures [6]

When the studies presented so far are examined, and as a result of on-site observations due to frequent earthquakes in our country, it is understood that masonry structures are frequently exposed to corner failure mechanisms under the influence of earthquakes.

Photographs of a study carried out after the Sivrice (Elazig) earthquake on February 9, 2007 are shown in Figure 2. As can be easily seen from the photographs, corner failure mechanisms are present in the masonry structures in the region.



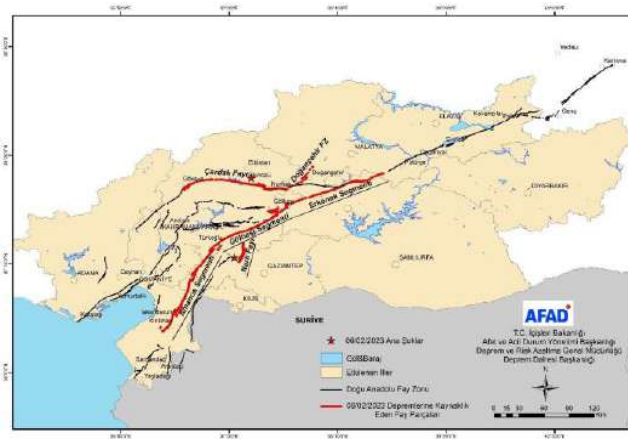
**Figure 2.** Corner failure mechanisms in masonry structures in the town of Sivrice [6]

On February 6, 2023, many masonry structures were damaged and destroyed in the Kahramanmaraş-centered earthquakes. Malatya is among the provinces affected by this earthquake and heavy damages were detected in the masonry structures. Within this study, the failure modes of the masonry structures in Malatya were investigated by fieldwork. During the examinations, the buildings were divided into two as historical and residential. Damages in the subject structures are considered as out-of-plane, in-plane and corner failure. Before these, Malatya-based acceleration records and parameters of the earthquake were evaluated.

6 FEBRUARY 2023 KAHRAMANMARAŞ EARTHQUAKES. All of the information given in this section has been obtained from the website of the Republic of Turkey Ministry of Internal Affairs, Disaster and Emergency Management Presidency (AFAD).

The Eastern Anatolian Fault System (EAFS) forms a NE-SW left lateral strike-slip transform boundary with an average width of 30 km and a length of 580 km between the northward moving Arabian Plate and the westward moving Anatolian Block. [17-24]. It meets the westward movement of the Anatolian block together with the EAFS and the North Anatolian Fault System (NAFS), which is one of the most active and active fault systems in Turkey and forms the border between the Anatolian and Arabian Plates. EAFS starts from Karlıova junction point (Kargapazarı) in the northeast and extends as a single zone to the west of Çelikhan. The southern branch of the fault, which splits into two branches here, continues from the north of Gölbaşı Basin and Pazarcık to the Türkoğlu junction in the southwest. The fault jumping to the right in the south of Türkoğlu continues by limiting the Sağlık, Kocagöl and Amik plains from the west and ends by scattering in the south of Kırıkhan. In this part of the EAFS, the Sakçagöz and Narlı parts of the Dead Sea Fault Zone delimit the dent basin, which includes the Sağlık and Narlı plains, from the east. The Narlı part extends from the North of Pazarcık to the EAFS for 30-40 km in the NNE direction. The northern branch, which separates to the west of Çelikhan, conforms to the morphology of the Southeast Taurus Mountain Belt and forms a convex bend to the north. This branch consists of the Sürgü Fault, Çardak Fault and the Savrun, Çokak and Toprakkale faults turning SW from Göksun (Fig.3).



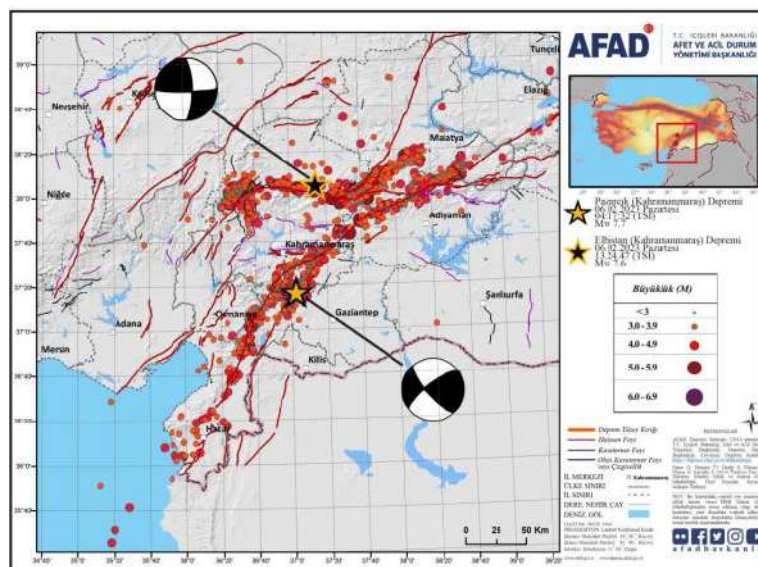


**Figure 3.** Map showing the fault parts of the Eastern Anatolian Fault System [6]

The Eastern Anatolian Fault System, which was the source of many major earthquakes in the historical period until the early 1900s, had a seismically active period especially in the 19th century. It created a series of earthquakes that started with the 1789 Palu earthquake, continued with the 1822, 1866, 1872, 1874, 1875, and 1893 earthquakes, and finally ended with the 1905 Malatya earthquake at the beginning of the last century. Although it seems to have entered a relatively quiet period after this earthquake, the 22 May 1971 Bingol ( $M_s=6.8$ ) 5 May 1986 ( $M_s=5.8$ ) and 6 May 1986 ( $M_s=5.6$ ) Doğanşehir earthquakes are earthquakes by EAFS. These earthquakes are the average earthquakes produced by this fault in the last century.

A total of 13 earthquakes ( $M_s > 5.0$ ) occurred that damaged the EAFS even in this period, when EAFS, which did not produce more than 7 earthquakes in the 20th century and almost forgot itself, was calmer in terms of producing large earthquakes compared to the 19th century. However, none of these were greater than  $M_s=6.8$ . The epicentral distributions of these earthquakes tend to concentrate at the boundaries of the segments.

On EAFS, which entered a more active period in the 2000s, respectively; 01.05.2003 Bingöl ( $M_w$  6.3), 14.03.2005 Karlıova Bingöl ( $M_w$  5.8), 21.02.2007 Doğanlı Malatya ( $M_w$  5.7), 08.03.2010 Kovancılar Elazığ ( $M_w$  6.1), 24.01.2020 Sivrice Elazığ ( $M_w$  6.8), 14.06 .2020 Karlıova Bingöl ( $M_w$  5.7) damaging earthquakes have occurred.



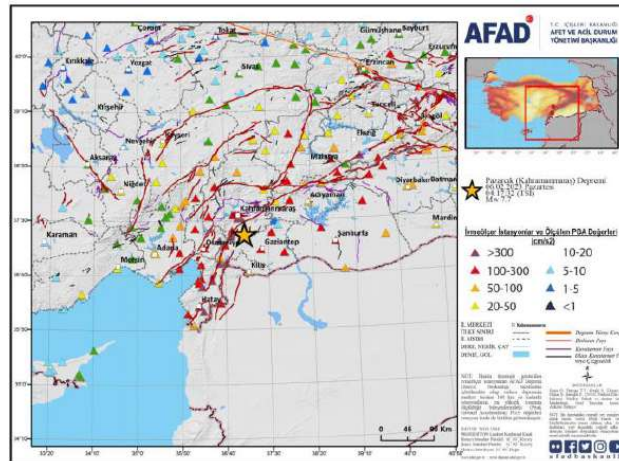
**Figure 4.** Map showing aftershocks activity of 06.02.2023 earthquakes [7]

On EAFS, on 06.02.2023, at 04:17 Turkey time, Pazarcık (Kahramanmaraş)  $M_w$  7.7 and Elbistan (Kahramanmaraş)  $M_w$  7.6 earthquakes occurred. Oludeniz Fault with a line that includes parts of the Eastern Anatolian Fault System between Çelikhán Pötürge in the northeast of the epicenter earthquake (65 km between

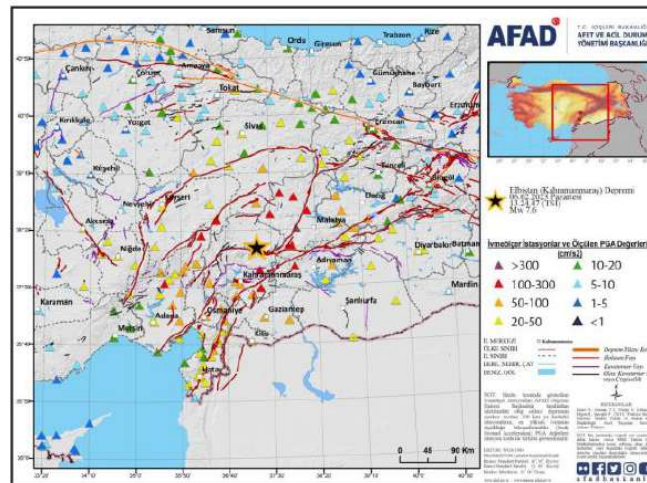
Çelikhhan-Gölbaşı), Gölbaşı (90 km between Gölbaşı-Türkoğlu), Amanos (110 km between Türkoğlu-Kırıkhan). He broke the Pomegranate Piece at the North end of the System; The second Elbistan eccentric earthquake was thought to be related to the Çardak Fault and the Doğanşehir Fault Zone (Figure 4).

INVESTIGATION OF RECORDS FROM EARTHQUAKE STATIONS IN MALATYA WITHIN THE SCOPE OF TURKEY BUILDING EARTHQUAKE REGULATIONS. As of January 2019, a total of 1056 earthquake observation stations, 299 of which are velocity and 757 accelerometers, are operated within the body of AFAD Earthquake Department.

Although some stations did not work after the Mw 7.7 earthquake, which is one of the 6 February 2023 earthquakes, data were recorded in many stations in our country during the Mw 7.7 and 7.6 earthquakes. Pictures of the nearest accelerometers recording both earthquakes are given in Figure-5 and Figure-6.

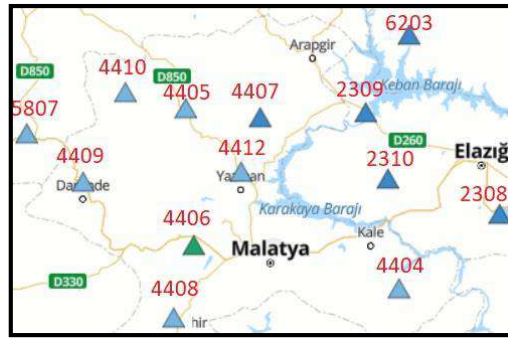


**Figure 5.** Distribution of nearest accelerometer stations recording the Mw 7.7 earthquake [7]



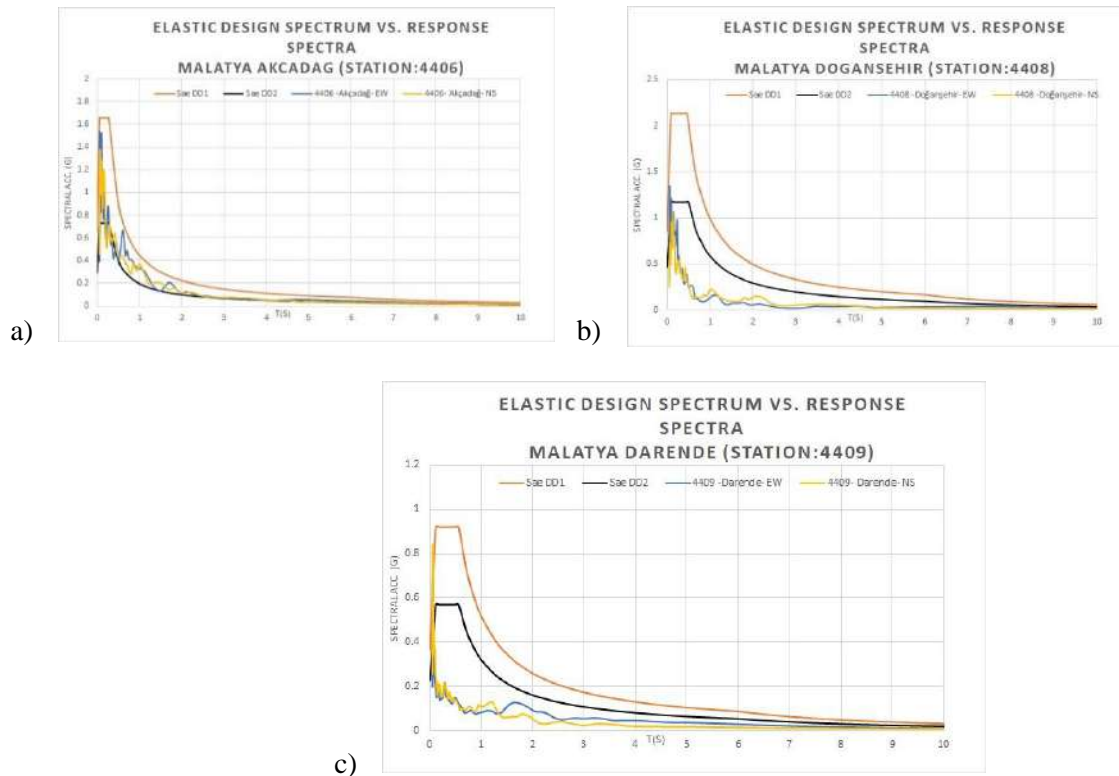
**Figure 6.** Distribution of nearest accelerometer stations recording the Mw 7.6 earthquake [8]

In Malatya, which is one of the provinces most affected by the Mw 7.7 and 7.6 earthquakes, data were recorded at many stations during these earthquakes. The stations closest to Malatya Center are given in Fig.7.



**Figure 7.** Distribution of accelerometer stations closest to Malatya Center [9]

The reaction spectra created according to the acceleration values received from the stations closest to the center of Malatya, the coordinates of the stations and the graphs created according to the ground are given in Fig.8. As can be seen from these graphs, the reaction spectrum of the earthquake is more than DD2 at most moments and has reached DD1 level at some moments. This is one of the reasons why the destruction of earthquakes is so great.



**Figure 8.** Comparison of the response spectrum and design spectra based on the acceleration values obtained from a) 4406, b) 4408 and c) 4409 stations [10]

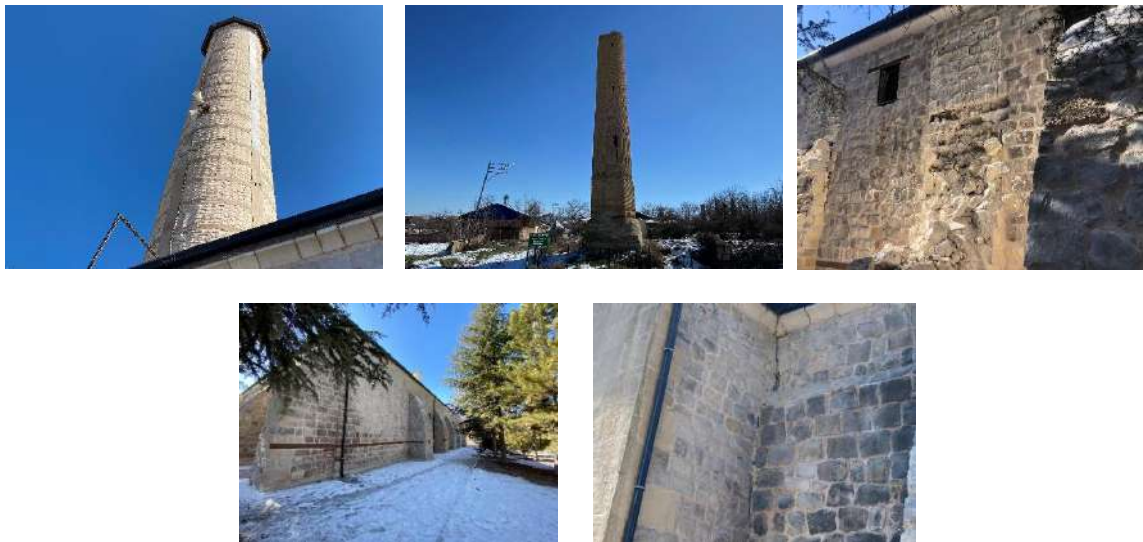
INVESTIGATION OF FAILURE MODES IN HISTORICAL AND PUBLIC BUILDINGS. In this section, damage modes in Taşhoran Culture and Art Center, Ulu Mosque, Sütlü Minare Mosque, Malatya Governor's Office, Yeni Mosque are examined.

Tashhoran Culture and Art Center. Damages in this structure are shown in Figure 9. A rather large arch-shaped frontal window on the entrance door has fallen to the ground. Although this is not the damage to the carrier system, considering the weight of the glass and the floor it falls on, it is seen that the connection quality of such elements is very important. In addition to this, some diagonal shear damages occurred, the largest of which was at the junction of the stone blocks forming the wall on the right front. These shear damages occurred at the mortar interface. There was no crushing or out-of-use in the carrier units.



**Figure 9.** Damage distribution of Taşhoran Culture and Art Center [10]

**Ulu Cami.** Damages detected in the historical Ulu Mosque are shown in Figure 10. No damage that could cause collapse has been detected in the minaret, which was previously reinforced with carbon fiber textile. Local capillary mortar cracks were observed in some areas. A nearby historical minaret, which was built at the same time, was heavily damaged because no reinforcement was applied. Deep vertical cracks formed in the middle part of the minaret were detected. At the ends of these deep cracks, failure of the joint mortars due to rotation and peeling of the bricks were observed.



**Figure 10.** Damage distribution of Ulu Cami [10]

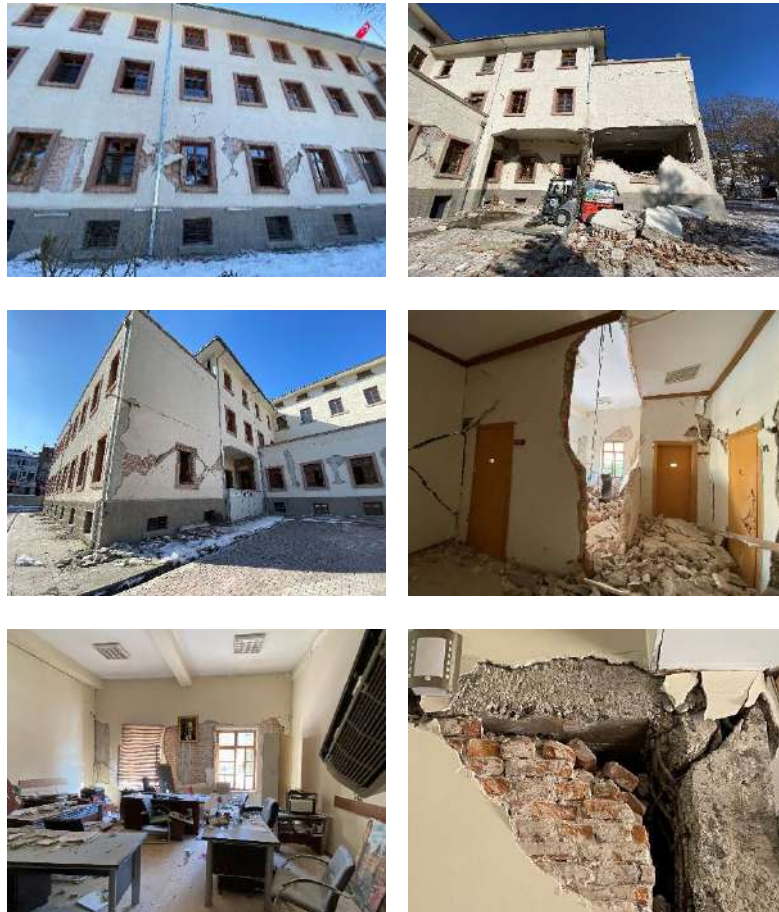
In addition to these, collapses occurred in the regular masonry system buttresses, which were built in order to prevent possible out-of-plane collapses on the walls. There was no serious damage to all buttresses. However, while some of them had adherence losses at the junction with the main wall and local failures in the masonry overflows (left), some of them were completely destroyed. The absence of any curvature in the plane of the anchor rods driven into the main wall indicates that these rods did not hold the buttress wall sufficiently during the earthquake.

**Sutlu Minare Cami.** In the structure shown in Figure 11, the shear cracks starting from the minaret floor on the left progressed diagonally, causing deterioration in the wall of the arch in the middle. In addition, as examples of vertical and horizontal discontinuities, it has been severely damaged due to the irregularity of the blocks in the building and the position of the arch in the middle. In addition, the corner failure mechanism, which occurs as a result of out-of-plane behaviors, was observed.



**Figure 11.** Damage distribution of Sütlu Minare Cami [10]

**Malatya Governor's Office.** In Figure 12, the damage distribution of Malatya Governorship Building after the earthquake is given. The first image shows the typical shear damage of masonry structures, especially on the ground floors. In the wall spaces between the windows, X-shaped diagonal shear cracks formed as a result of the impulse-tensile effect. Thanks to the vertical and horizontal alignment of the gaps on the frontal and the siege beams, the cracks formed here proceeded in a controlled manner and did not result in any collapse on this frontal.



**Figure 12.** Damage distribution of Malatya Governor's Office [10]

As can be seen from the second image in Figure 12, diagonal shear cracks were formed in the wall part between the windows on the left and middle part of the building. In addition, linear connection cracks have formed between the masonry wall and the vertical and horizontal beams. On the right side of the building, the

horizontal bending effect disrupted the vertical stability of the wall, while the vertical bending effect caused out-of-plane rotation damage in the middle part of the wall. The cracks produced by this rotational damage were combined along the wall cross-section with X-shaped diagonal shear cracks formed as a result of in-plane behavior. As a result, collapse occurred as a result of the articulation in the middle region of the wall.

From the third image in Figure 12, it was determined that typical shear cracks were formed in the wall part between the windows on the left and right of the building. The horizontal and vertical distribution of the windows and the presence of horizontal and vertical beams prevented the progression of these cracks throughout the building.

As shown in the fourth image in Figure 12, it has been determined that there are serious cracks and failures on the walls in the interior of the building. First of all, serious cracks were seen extending from the door openings to the upper floor. Quite wide and deep shear cracks developed on the left. Corner failure mechanism of the two walls and out-of-plane collapse of the right wall drew attention in the middle region. The main reason for these collapses can be i) the lack of horizontal beam application despite the rather large wall height, ii) the irregularity of the partitions such as rooms, corridors or doorways in the plan, iii) the discontinuity of the masonry walls in the interior of the building.

In the fifth image, plaster cracks, which can be considered as slightly damaged, are shown. Very thin capillary, non-progressed cracks were observed in the masonry wall opposite. In the last image, the heavy shear damage at the junction of the vertical and horizontal beams is shown. Stirrups were opened, longitudinal reinforcements yielded.

*Damage distribution of masonry structures.* In this section, firstly, images related to in-plane, out-of-plane and corner failure were shared. While the in-plane damage distributions are shown in Figure 13, the images related to the out-of-plane and corner mechanisms are shown in Fig.14. In addition, examples of tie beam application preventing the failure of the entire building are shown in Fig. 15.



**Figure 13.** In-plane damages in masonry structures in Malatya [10]





**Figure 14.** Failures caused by out-of-plane movement in masonry structures in Malatya [10]



**Figure 15.** Examples of limiting damage in buildings using tie beams [10]

**Conclusion.** In the Kahramanmaraş-centered earthquake of February 6, 2023, the structures in Malatya were affected and some of them were severely damaged. One week after the earthquake, a field study was carried out in Malatya and the masonry structures were examined in detail. After the field study, the causes of damage distribution in masonry structures in Malatya can be listed as follows;

- Heavy buildings attracting large seismic forces,
- Very low tensile strength, especially in weak mortars,
- Low shear strength, especially in weak mortars,
- Brittle behavior in compression as well as in tension,
- Poor connection between walls,
- Stress concentration in window and door corners,
- General asymmetry in the plan and facade of the building,
- Asymmetry caused by the imbalance in the size and location of the openings in the walls,
- Defects in construction (substandard use of materials, unfilled joints between bricks, improper connection between walls)

## References

1. N. Bayülke, “Yığma yapılar,” TMMBO İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, 2018.
2. R. Kanit, M. Erdal, N. S. I. Ş. İk, and G. S. E. R. İ. Mer, “Düzlem Dışı Yüklenen Yığma Yapıların Deneysel Davranışı,” 2005.
3. D. F. D’Ayala, and S. Paganoni, “Assessment and analysis of damage in L’Aquila historic city centre after 6th April 2009,” *Bulletin of Earthquake Engineering*, vol. 9, no. 1, pp. 81-104, 2011.
4. N. Augenti, and F. Parisi, “Learning from construction failures due to the 2009 L’Aquila, Italy, earthquake,” *Journal of Performance of Constructed Facilities*, vol. 24, no. 6, pp. 536-555, 2010.
5. S. Lagomarsino, “Seismic assessment of rocking masonry structures,” *Bulletin of earthquake engineering*, vol. 13 no. 1, pp. 97-128, 2015.
6. B. H. Pandey and K. Meguro, “Simulation of brick masonry wall behavior under in-plane lateral loading using applied element method,” 13th World Conf. Earthq. Eng. Vancouver, BC, Canada, August, no. 1664, pp. 1–6, 2004.
7. M. Mistler, A. Anthoine, and C. Butenweg, “In-plane and out-of-plane homogenisation of masonry,” *Comput. Struct.*, vol. 85, no. 17–18, pp. 1321–1330, 2007.
8. T. T. Bui, A. Limam, V. Sarhosis, and M. Hjiij, “Discrete element modelling of the in-plane and out-of-plane behaviour of dry-joint masonry wall constructions,” *Eng. Struct.*, vol. 136, pp. 277–294, 2017.
9. A. Anthoine, “Derivation of the in-plane elastic characteristics of masonry through homogenization theory,” *Int. J. Solids Struct.*, vol. 32, no. 2, pp. 137–163, 1995.

10. D. Addessi and E. Sacco, "Enriched plane state formulation for nonlinear homogenization of in-plane masonry wall," *Meccanica*, vol. 51, no. 11, pp. 2891–2907, 2016.
11. S. Nayak, and S. C. Dutta, "Failure of masonry structures in earthquake: A few simple cost effective techniques as possible solutions," *Engineering Structures*, vol. 106, pp. 53-67, 2016.
12. C. Casapulla, and E. Speranza, "Definition of collapse mechanisms and seismic vulnerability of historic masonry buildings," *Earthquake Spectra*, vol. 19 no. 3, pp. 479-509, 2003.
13. E. Speranza, "An integrated method for the assessment of the seismic vulnerability of historic buildings. Ph.D. Thesis", University of Bath (UK), 2003.
14. C. Casapulla, A. Maione, L. U. Argiento, and E. Speranza, "Corner failure in masonry buildings: An updated macro-modeling approach with frictional resistances," *European Journal of Mechanics-A/Solids*, vol. 70, pp. 213-225, 2018.
15. C. Casapulla, and A. Maione "Experimental and Analytical Investigation on the Corner Failure in Masonry Buildings: Interaction between Rocking-Sliding and Horizontal Flexure," *International Journal of Architectural Heritage*, vol. 14 no. 2, pp. 208-220, 2020.
16. El-Maissi, A. M., Kassem, M. M., Tan, C. G., Fikri, R., & Nazri, F. M. (2022). Damage index seismic assessment methodologies of URM buildings: a state-of-the-art review. *Engineering Journal*, 26(1), 39-53.
17. Aksoy, E., İnceöz, M., Koçyiğit, A., 2007. Lake Hazar Basin: a Negative Flower Structure on the East Anatolian Fault System (EAFS), SE Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences* Vol.16, 2007, pp. 1-TÜBİTAK.
18. Arpat, E. ve Şaroğlu, F., 1972. Doğu Anadolu Fayı ile ilgili bazı gözlemler ve düşünceler. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü*. Ankara ss:44-50
19. Jackson, J. and McKenzie, D. P., 1984. Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt between western Turkey and Pakistan. *Geophysics J. R. Ast. Soc.* 1984. 77, 185-264.
20. Lyberis, N. T., Yürür, T., Chorowicz, J., Kasapoğlu, E., Gündoğdu, N., 1992. The East Anatolian Fault: an oblique collisional belt. *Tectonophysics* 204, 1-15.
21. Nalbant, S. S., McCloskey, J., Steacy, S. and Barka, A. A., 2002. Stress accumulation and increased seismic risk in eastern Turkey. *Earth and Planetary Science Letters* 195 (2002) 291- 298. Elsevier P.
22. Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Kuşçu, i., 1992. The East Anatolian fault zone of Turkey. *Annales Tectonicae*, Special Issue-Supplement to volume VI, 99-125.
23. Şengör, A.M.C., Görür, N., Şaroğlu, F., 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape; Turkey as a case study, in; Biddle K.T., Christie –Blick N.(Eds.), *Strike-slip Faulting and Basin Formation*, Soc. Econ.Paleontol. Mineral.Sp. Pub., 37,227-264.
24. Westaway, R., 2003. Kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean Updated. *Turkish Journal of Earth Sciences*. Vol.12, 2003, pp. 5-46. TÜBİTAK.

*Məqaləyə istinad: Mercimek Ö., Erbaş Y., Salih T.M., Sercan T.A., Özgür A., Qasımzadə A. 6 Fevral 2023-cü il tarixdə Kahramanmaraşda baş vermiş zəlzələnin səbəb olduğu hörgü konstruksiyaların nasazlıq mexanizmləri ilə bağlı müşahidələr. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzMİU, s. 78-88, N2, 2023*

*For citation: Mercimek O., Erbash Y., Salih T.M., Sercan T.A., Ozgur A., Kasımzade A. Observations on the failure mechanisms of masonry structures caused by the Kahramanmaras earthquake on february 6, 2023. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzUAC, p. 78-88, N2, 2023*

***Məqalə INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES (AERS2023) adlı konfrans materialıdır.***



<http://doi.org/1058225/sw.2023.2-89-96>

## DESIGN DEFICIENCIES AND FAILURE MODES IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES: THE CASE OF KAHRAMANMARAS EARTHQUAKE

**Erbash Yashar**- PhD., research.ass., Department of Civil Engineering., Bartın University, Turkey

**Mercimek Omer**- PhD., ass.prof., Department of Civil Engineering, Ankara University, Turkey

**Salih Turker Mehmet**- research ass., Department of Civil Engineering, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Ankara

**Anil Ozgur**- PhD., prof., Department of Civil Engineering, Gazi University, Turkey

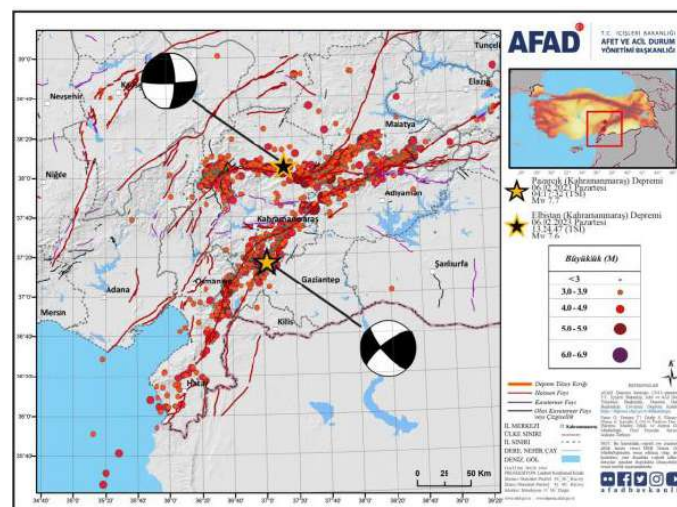
**Akkaya Tuna Sercan**- research ass., Department of Civil Engineering, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Turkey

**Kasimzade Azer**– D.sc., Prof., Department of Mechanics, AzUAC, Baku, azer@omu.edu.tr

**Abstract.** In Turkey, after two big earthquakes centered on Kahramanmaraş on February 6, 2023, a catastrophic damage occurred and more than fifty thousand people passed away, and a lot of people lost their comfort of life even though they were rescued from the rubble. It has been emphasized by scientists that this great destruction, in almost all types of structures such as concrete, steel, stacking and prefabricated, is usually caused by design errors, poor material quality and workmanship. In this study, design errors and damage modes of reinforced concrete structures in Malatya were examined with a field study. During the fieldwork, it was determined that reinforced concrete structures were generally damaged or collapsed due to inadequate longitudinal reinforcement and stirrup, poor reinforcement and concrete quality, design errors in the column-beam joint region (strong beam-weak column and lack of stirrup spacing), torsional irregularity, ignoring the soil-structure interaction and soft storey.

**Keywords:** RC structures, earthquake, failure modes, design deficiency

**Introduction.** Earthquakes turn into a disaster due to structures that have not received engineering services and cause economic, social and psychological negativity on society as well as loss of life. In Turkey, which is located on the seismic belt, the loss of life and property in the great earthquakes that have occurred in recent years has brought many questions about the condition of the existing structures. The closest example of this was experienced with two major earthquakes in Kahramanmaraş on February 6, 2023. At 04:17 Turkey time, Pazarcık (Kahramanmaraş) Mw 7.7 and Elbistan (Kahramanmaraş) Mw 7.6 earthquakes occurred. Oludeniz Fault with a line that includes parts of the Eastern Anatolian Fault System between Çelikhan Pötürge in the northeast of the epicenter earthquake (65 km between Çelikhan-Gölbaşı), Gölbaşı (90 km between Gölbaşı-Türkoğlu), Amanos (110 km between Tür-koğlu-Kırıkhan). He broke the Pomegranate Piece at the North end of the System; The second Elbistan eccentric earthquake was thought to be related to the Çardak Fault and the Doğanşehir Fault Zone (Fig.1).



**Figure 1.** Map showing aftershocks activity of 06.02.2023 earthquakes [3]

Although some stations did not work after the Mw 7.7 earthquake, which is one of the 6 February 2023 earthquakes, data were recorded in many stations in our country during the Mw 7.7 and 7.6 earthquakes. Pictures of the nearest accelerometers recording both earthquakes are given in Figure-2 and Figure 3.

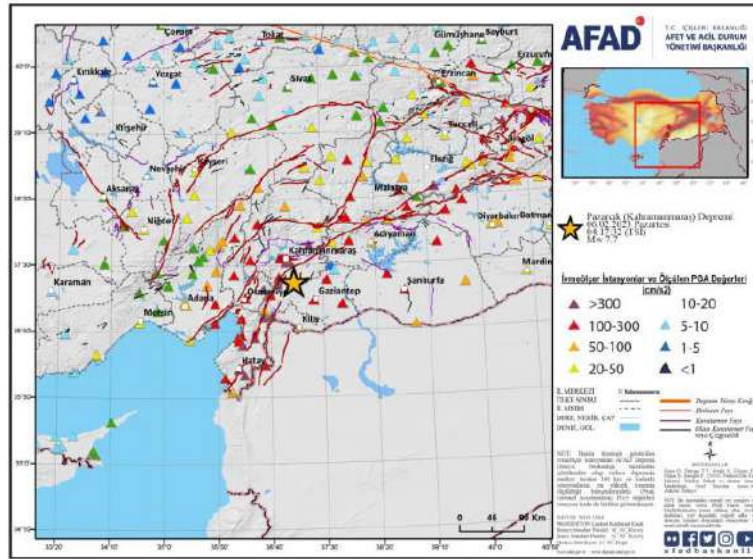


Figure 2. Distribution of nearest accelerometer stations recording the Mw 7.7 earthquake [5]

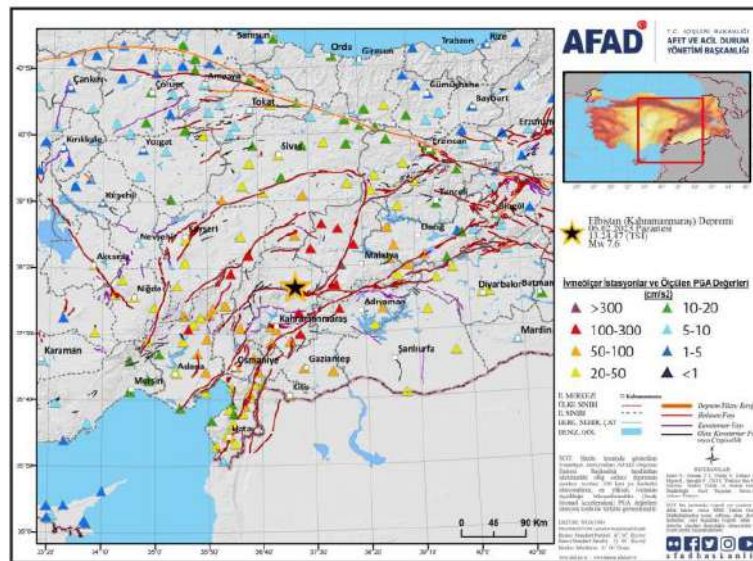


Figure 3. Distribution of nearest accelerometer stations recording the Mw 7.6 earthquake [5]

In Malatya, which is one of the provinces most affected by the Mw 7.7 and 7.6 earthquakes, data were recorded at many stations during these earthquakes. The stations closest to Malatya Center are given in Fig.4.



Figure 4. Distribution of accelerometer stations closest to Malatya Center [6]

The reaction spectra created according to the acceleration values received from the stations closest to the center of Malatya, the coordinates of the stations and the graphs created according to the ground are given in Fig.5. As can be seen from these graphs, the reaction spectrum of the earthquake is more than DD2 at most moments and has reached DD1 level at some moments. This is one of the reasons why the destruction of earthquakes is so great.

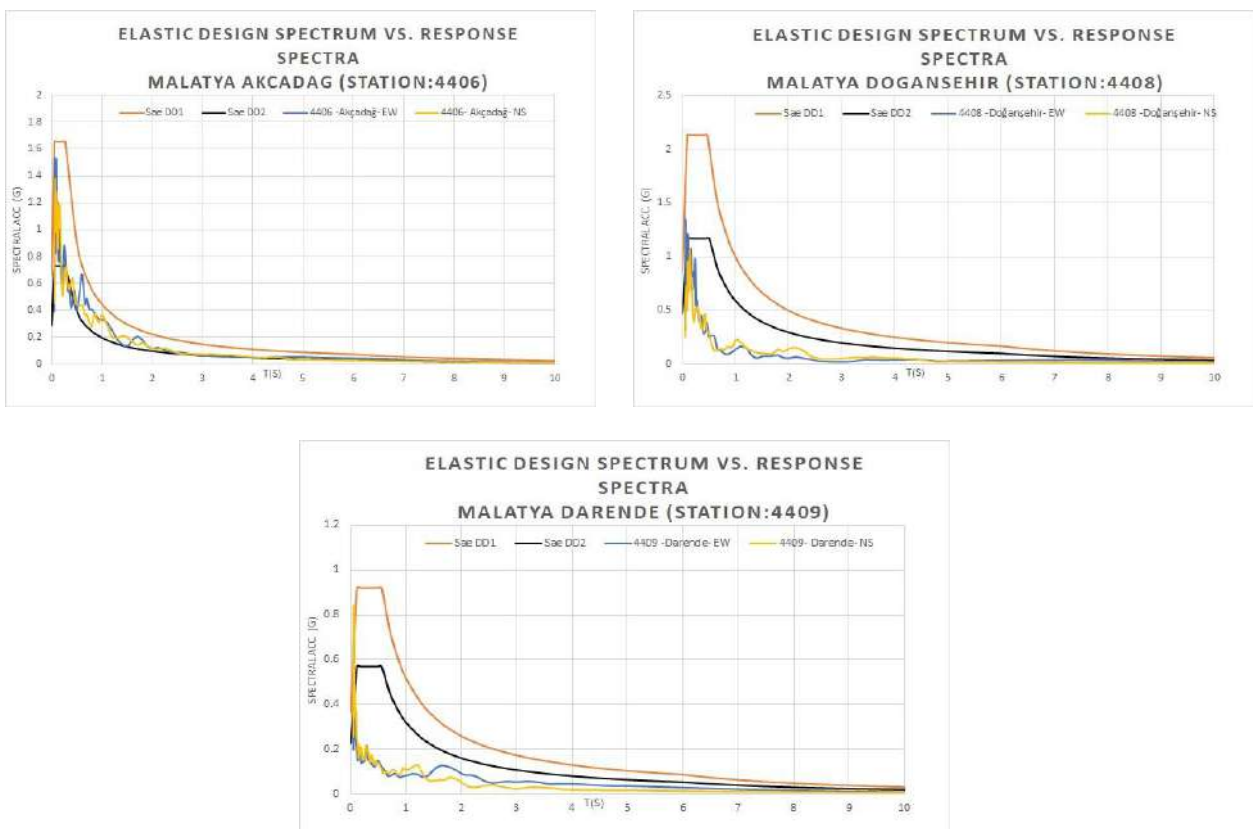


Figure 5. Comparison of the response spectrum and design spectra based on the acceleration values [7]

Many technical and scientific reports have been written for the structures that have been destroyed or severely damaged after the earthquakes in the past and it has been tried to shed light on the status of the existing structure stock. For example, in the report published by the Chamber of Civil Engineers after Izmir Earthquake that occurred October 30, 2020, it was stated that collapses occurred at early levels due to inadequate

confinement bar detail, inadequate clamping lengths and low concrete compressive strength in the structures built before the 1998 Earthquake Code [1]. Damage distributions in reinforced concrete structures after the earthquake attracted the attention of the researchers and many field studies were performed. Many research for 1999 Kocaeli earthquake [2], 2003 Bingöl earthquake [3], 2011 Van earthquakes [4], 2011 Simav earthquake [5], 2011 Van earthquakes [6-7] and 2020 Sivrice earthquake [8-9] presented in the literature. The causes of damage caused after the earthquake in the reinforced concrete structures listed below have been reported and discussed in detail [10].

- Inadequate transverse reinforcement of structural members
- The short column
- Insufficient space between adjacent buildings
- Strong beam – weak column
- Poor concrete quality and corrosion
- Collapse of the walls on the roof
- Damage in the infill walls

Within the scope of this study, the design errors and damage modes of reinforced concrete structures in Malatya were investigated with the field study. During the field work it has been determined that, structures are generally damaged or collapsed due to insufficient longitudinal reinforcement and stirrup reinforcement, low reinforcement and concrete quality, design errors in the column-beam junction region (strong beam-weak column and lack of stirrup tightening), torsional irregularity, ignoring soil-structure interaction and soft storey.

*Field study to examine reinforced concrete structures in Malatya.* In order to investigate the conditions presented in the introduction section, concrete structures in the locations shown in Figure 6 were examined one week after the 6 February 2023 Kahramanmaraş earthquakes.



**Figure 6.** Locations where investigations took place [7]

*Soft storey.* The difference in rigidity between the floors of the building creates a soft storey irregularity. It is desirable that the total displacement of the building be divided by the total floor height. However, if there is a floor with less rigidity, this floor displaces more and this floor is called soft storey. After the earthquake, the examinations in Malatya indicated that, one of the most common causes of collapse was the soft storey. Examples of structures damaged due to soft storey are shown in Figure 7.





**Figure 7.** Examples of damage due to soft storey [9]

*Failures of gable walls.* Existing gable walls were weak against the out-of-plane mechanism during the earthquake because these walls were constructed without bond beams. This type of failure is not a structural damage but falling parts of wall can cause loss of lives and properties. The main reason of damages to such walls is the large unsupported wall lengths. It was determined that poor wall-to-wall, wall-to-floor connections, and absence of lateral supporting walls were the other reasons of these damages [10]. The photos taken during the investigations after the earthquake in Malatya and the damage caused to the gable walls are shown in Fig.8.



**Figure 8.** Failures of gable walls in Malatya [10]

*Strong beam–weak column.* In reinforced concrete structures, the stronger design of the columns than the rafters is a very important design principle. Because the parts that are exposed to the most earthquake force with the moments that will occur during the earthquake will be at the column-beam junction points and the formation of plastic hinge will occur. The formation of these plastic hinges on the beams will prevent the structure from being heavily damaged and will allow it to consume more energy. However, during the field work, many strong beams and weak column combinations were observed by the researchers in the buildings that were heavily damaged and collapsed, and some of them were shown in the Fig.9.



**Figure 9.** Failures due to strong beam- weak column combination [10]

*Inadequate reinforcement.* Another design error determined in reinforced concrete structures in Malatya during the fieldwork is inadequate reinforcement. Examples of damages caused by this design error are shown in Fig.10.



**Figure 10.** Damages caused by inadequate reinforcement [10]

*Adjacent Buildings.* Adjacent buildings are frequently preferred in Turkey, especially in old settlements. If a building with insufficient seismic performance is located somewhere between adjacent structures, it can perform better than expected by getting support from other structures. Although this situation was encountered in Malatya, the opposite scenarios were also observed. That is, buildings that are individually modeled and resistant to earthquakes, without considering the effects of adjacent systems, are usually heavily damaged or collapsed if they are located at the outermost of the structures built as adjacent structures. A situation related to this is shown in Figure 11 with the buildings in the same adjacent order.



**Figure 11.** Examples of damage and collapse in adjacent structures [10]

*Torsional irregularity.* Torsional irregularity occurs because the rigidity center and center of gravity of the structures do not overlap, or the limits given in the regulations are exceeded. This irregularity can often cause structures to collapse with heavy damage. Examples of torsional irregularities observed in center of Malatya and Doğanşehir (district of Malatya) are shown in Fig.12.



**Figure 12.** Examples of damages in structures with torsional irregularity [10]

*Poor quality of materials.* During the fieldwork approximate compressive strengths were tried to be measured with schmidt hammer from the concrete in the reinforced concrete structures that were demolished. Generally, it has been determined that the compressive strength of concretes are below 10 MPa. As reinforcement, unribbed flat reinforcement is used and its tensile strength is 220 MPa. In addition, a decrease in cross-section due to corrosion was also detected in the reinforcements. Studies on material quality are shown in Fig.13.



**Figure 13.** Poor quality of materials [10]

**Conclusion.** Within the scope of this study, one week after the earthquake in Kahramanmaraş on February 6, 2023, Malatya was visited and design errors in reinforced concrete structures in the field and damage modes caused by the earthquake were investigated. As a result of the observations made in the field; it was determined that the longitudinal reinforcements in the structural members were insufficient, and the stirrup reinforcements were missing. In addition, the measurements made with the Schmidt hammer showed that the concrete quality was lower than expected. Likewise, it has been clearly observed that the reinforcements used in most of the collapsed buildings are unribbed and of poor quality. Neglecting of tighten stirrups at the junction of columns-beams, which is one of the critical areas in buildings, and preference of weak column-strong beam instead of strong column-weak beam reveals the design errors. Also, it is thought that important parameters such as torsional irregularity, soil-structure interaction and soft storey, which should be considered during the design phase, have been ignored and increased the destructive effect of the earthquake.

## References

1. İnşaat Mühendisleri Odası, İzmir Deprem Raporu.
2. Sezen, H., Whittaker, A. S., Elwood, K. J., & Mosalam, K. M. (2003). Performance of reinforced concrete buildings during the August 17, 1999 Kocaeli, Turkey earthquake, and seismic design and construction practise in Turkey. *Engineering Structures*, 25(1), 103-114.
3. Doğangün, A. (2004). Performance of reinforced concrete buildings during the May 1, 2003 Bingöl Earthquake in Turkey. *Engineering Structures*, 26(6), 841-856.

4. Ates, S., Kahya, V., Yurdakul, M., & Adanur, S. (2013). Damages on reinforced concrete buildings due to consecutive earthquakes in Van. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 53, 109-118.
5. Yon, B., Sayin, E., & Koksal, T. S. (2013). Seismic response of buildings during the May 19, 2011 Simav, Turkey earthquake. *Earthquakes and Structures*, 5(3), 343-357.
6. Bayraktar, A., Altunisik, A. C., Türker, T., Karadeniz, H., Erdogdu, S., Angin, Z., & Özsahin, T. S. (2015). Structural performance evaluation of 90 RC buildings collapsed during the 2011 Van, Turkey, earthquakes. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 29(6), 04014177.
7. Yon, B., Sayin, E., Calayir, Y., Ulucan, Z. C., Karatas, M., Sahin, H., ... & Bildik, A. T. (2015). Lessons learned from recent destructive Van, Turkey earthquakes. *Earthquakes and Structures*, 9(2), 431-453.
8. Atmaca, B., Demir, S., Günaydin, M., Altunışık, A. C., Hüsem, M., Ateş, Ş., ... & Angin, Z. (2020). Lessons learned from the past earthquakes on building performance in Turkey. *J. Struct. Eng. Appl. Mech*, 3(2), 61-84.
9. Atmaca, B., Demir, S., Günaydin, M., Altunışık, A. C., Hüsem, M., Ateş, Ş., ... & Angin, Z. (2020). Field investigation on the performance of mosques and minarets during the Elazig-Sivrice Earthquake. *Journal of performance of constructed facilities*, 34(6), 04020120.
10. Sayin, E., Yon, B., Onat, O., Gör, M., Öncü, M. E., Tuğrul Tunç, E., ... & Calayir, Y. (2021). 24 January 2020 Sivrice-Elazığ, Turkey earthquake: geotechnical evaluation and performance of structures. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 19, 657-684.

*Məqaləyə istinad: Erbaş Y., Mercimek Ö., Salih T.M., Anıl O., Akkaya T.S., Qasımzadə A. Kahramanmaraş zəlzələsi hadisəsində dəmir-beton konstruksiyalarda dizayn çatışmazlıqları və nasazlıq rejimləri. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzMIU, s. 89-96, N2, 2023*

*For citation: Erbash Y., Mercimek O., Salih T.M., Anıl O., Akkaya T.S., Kasımzade A. Design deficiencies and failure modes in reinforced concrete structures: the case of Kahramanmaraş earthquake. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzUAC, p. 89-96, N2, 2023*

***Məqalə INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES (AERS2023) adlı konfrans materialıdır.***



<http://doi.org/1058225/sw.2023.2-97-102>

## HÜNDÜR BİNALARIN ZƏLZƏLƏYƏ DAVAMLILIĞININ TƏMİN OLUNMASINDA AUTRIQGER VƏ KƏMƏR SİSTEMLƏRİNİN SƏMƏRƏLİLİYİNİN TƏDQIQI

**Əliyev Valeh Muradxan oğlu**- elmi işçi, Azərbaycan İnşaat və Memarlıq Elmi-Tədqiqat İnstitutu, AziMETİ, valeh-eliyev-1990@mail.ru

**Xülasə.** Məqalə çoxmərtəbəli hündür binaların zəlzələ və külək (üfqi) yüklərinə qarşı dayanıqlılığını artıran autriqger (outrigger) və kəmər sistemlərinin növlərinin, tətbiqinin və səmərəliliyinin araşdırılmasına həsr edilir.  
**Açar sözlər:** Çoxmərtəbəli hündür binalar, autriqger (outrigger), kəmər, struktur, üfqi yüklər, sərtlik, seysmika, əyilmə, müqavimət

### STUDY OF EFFECTIVENESS OF OUTRIGGER AND BELT SYSTEMS IN ENSURING EARTHQUAKE RESISTANCE OF HIGH BUILDINGS

**Aliyev Valeh Muradxan**- researcher, Azerbaijan Scientific Research Institute for Construction and Architecture, valeh-eliyev-1990@mail.ru

**Summary.** The article is devoted to the study of the types, application and efficiency of outrigger and belt systems that increase the resistance of multi-story buildings against earthquake and wind (horizontal) loads.

**Keywords:** Multi- storey tall buildings, outrigger, belt, structure, lateral loads, stiffness, seismic, deflection, resistance

**Giriş.** Çoxmərtəbəli hündür binalar, yaşayış, ofis və əsasən kommersiya fəaliyyəti üçün layihələndirilir. Çoxmərtəbəli hündür binaların tikintisinin vacibliyi ilk növbədə şəhər əhalisinin sürətlə artması, işgüzar fəaliyyətlərin bir-birinə mümkün qədər yaxın olması və yerləşmə sahələrinin məhdud olmasına əsaslanır. Hündür binaların incəliyi və elastikliyi artdıqca binalar külək və zəlzələ nəticəsində yaranan üfqi yüklərdən ciddi şəkildə təsirlənir. Bununla bağlı olaraq, hündür binalarda üfqi yüklərə müqavimət göstərmək üçün müvafiq struktur sistemlərini müəyyənləşdirmək hər zaman vacib məsələlərdən biri olmuşdür. Hal hazırda hündür binaların tikintisində üfqi müqaviməti təmin etmək üçün istifadə edilən bir çox struktur sistemləri mövcuddur. Onların inkişafında amerikalı mühəndis Fəzlur Xanın müstəsna rolu vardır [1]. 1969-cu ildə o, hündürmərtəbəli binaları memarlıq xüsusiyyətlərinə və yük daşıyıcı konstruksiyalar üçün istifadə olunan materialların növlərinə (həm polad, həm də dəmir-beton) görə təsnif etdi. 1973-cü ildə o, hündürmərtəbəli binaların əldə olan strukturlarını təkmilləşdirdi, onun əsərləri Mir M. Əli və Kyonq Sun Mun, V. Şueller və digər tədqiqatçıların bir sıra əsərlərində təqdim olundu. Fəzlur Xanın əsərləri bütün ölkələrdə hündürmərtəbəli tikintilərin inkişafı üçün əsas və hündürlüyü 70 mərtəbədən çox olan binalar üçün konstruktiv sistemlərin formalaşmasında yeni eranı qeyd edən başlanğıc nöqtəsi oldu [1]. Dünya miqyasında bir sıra tanınmış binalar, üfqi yüklərə effektiv bir şəkildə müqavimət göstərməkdə və binaların komfortunu təmin etməkdə effektivliyini sübut etmiş autriqger struktur sistemlərinə sahibdir. Aşağıdakı cədvəldə autriqger struktur sistemi tətbiq edilməklə inşa edilmiş dünya miqyasında məşhur binalardan birneçəsi cədvəl 1-də verilmişdir [3].

**Cədvəl 1.** Autriqger struktur sistemi tətbiq edilməklə inşa edilmiş dünya miqyasında məşhur binalardan [3]

Bina	Şəhər	Hündürlük və mərtəbələrin sayı
Bürç Xəlifə	Dubay	828 (160)
Taybey 101	Taybey	509 (101)
Şanxay Beynəlxalq Ticarət Mərkəzi	Şanxay	492 (101)
Beynəlxalq Ticarət Mərkəzi	Honkonq	483 (118)
Petronas əkiz qüllələr	Kuala Lumpur	452 (88)
Nangin Qrinlənd Maliyyə Mərkəzi	Nangin	450 (89)
Tramp Beynəlxalq Hotel & Tower	Çikaqo	423 (96)
Dubay Qülləsi	Doha	438 (90)

Plaza Rakyat Ofis binası	Malaziya	382 (79)
Aston Apartmanları yaşayış binası	Sidney	90 (30)

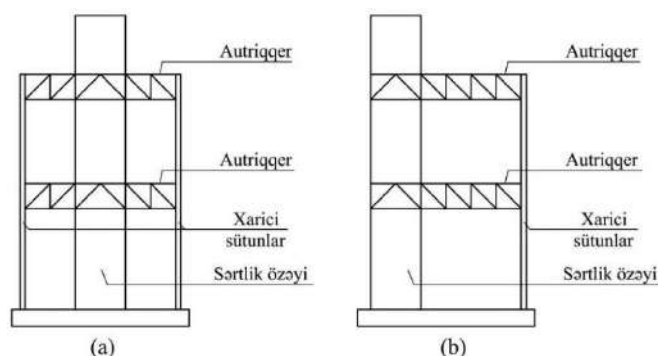
Müasir dövrdə hündür binalar əsasən aşağıdakı struktur sistemlərindən istifadə edilərək layihələndirilir:

**Daxili yükdaşıyan sistem:** Üfüqi yüklərə qarşı müqavimət göstərən struktur sisteminin əsas hissəsi binanın daxilində yerləşdikdə, daxili struktur sistemi kimi tanınır; 1- Sərt çərçivə; 2- Gücləndirilmiş çərçivə; 3- Pərdə divarlar, Oynaqlı çərçivə; 4- Pərdə divarlar, Ferma sistemi; 5- Autriqer (Outrigger) sistemi: 6- Autriqer (Outrigger) kəmərlər ferma (belt truss) sistemi: [1].

**Xarici yükdaşıyan sistem:** Üfüqi yüklərə qarşı müqavimət göstərən struktur sisteminin əsas hissəsi binanın perimetri boyu yerləşirsə, xarici struktur sistemi kimi tanınır; 1- Boru çərçivə; 2-Boru içində boru sistemi; 3- Gücləndirilmiş boru sistemi; 4-Birləşdirilmiş boru sistemi; 5-Çarpaz şəbəkəli sistem; 6-Fəza şəbəkə ferması; 7-Super çərçivə; 8-Xarici qoruyuculu sistem: [1].

Ultra hündür (100 və daha çox mərtəbəli) binaların struktur sistemlərinin vacib xüsusiyyətlərindən biri odur ki, struktur sisteminin daxili hissəsi ilə xarici hissəsi birgə fəaliyyət göstərsin. Bu xüsusiyyətə malik struktur sistemlərindən biridə autriqer struktur sistemidir. Hündür binalarda 50 ildən artıqdır ki, autriqer struktur sistemi uğurla istifadə olunur. Autriqerli binaların ilknümunələri yalnız külək yüklərinin təsirləri üçün istifadə olunan bir sxem idi. Seysmiki qüvvələrə müqavimət göstərmək və əlavə qüvvə paylanmasını təmin etmək üçün autriqerdən istifadə etmək son bir neçə onillikdə sürətlə inkişaf etmişdir. Autriqer sisteminin ən erkən sənədləşdirilmiş istifadələrindən biri, Kanadanın Montreal şəhərində yerləşən “Tour de la Bourse” binasında olmuşdur. Bu 47 mərtəbəli dəmir-beton bina 1964- ci ildə tikilmişdir.

Hündür mərtəbəli binaların tikintisində autriqer ideyası, üfüqi yüklərə müqavimət göstərmək üçün binanın ətraf və daxili konstruktiv elementlərinin birgə işini təmin etməkdir. Autriqer və kəmərlərferma struktur sistemi binanın hündürlüyü boyu bir və daha çox səviyyələrdə yerləşdirilə bilər. Autriqer elementləri (üfüqi elementlər) xarici sütunlara sərtlik özəyi arasında əlaqə yaradır, kəmərlərfermaları isə binanın perimetri boyu sütunları biri birinə bağlayır. Autriqerli sistemlərdə sərtlik özəyi, binanın mərkəzində və ya binanın bir tərəfində yerləşdirilə bilər (şək.1) [2].



Şəkil 1. (a) Mərkəzi özəkli autriqer sistemi: (b) Kənar özəkli autriqer sistemi [2]

Autriqer struktur sistemi sərtlik özəyinə bağlanmasına əsasən bir neçə növə ayrılır [2,3,4]. Konvensiyal (ənənəvi) autriqer sistemi:

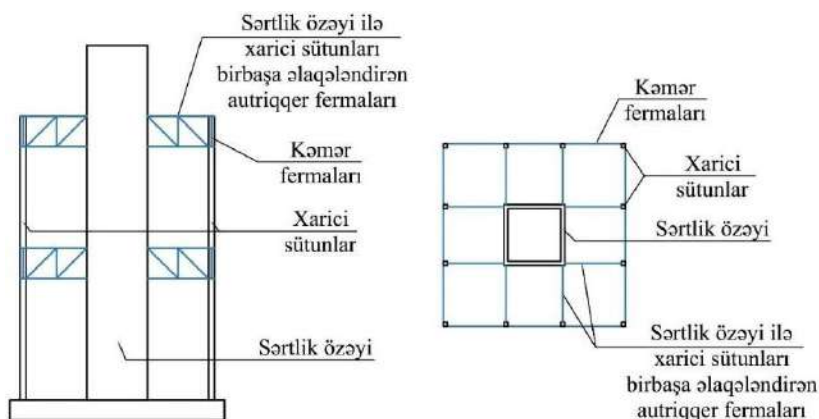
Konvensiyal (ənənəvi) autriqer sistemi və kəmərlərferma sistemi:

Virtual autriqer (kəmərlər) sistemi:

Virtual ofset autriqer (özək divarlarının müstəvisindən kənar yerləşmiş üfüqi autriqer elementləri) sistemi:

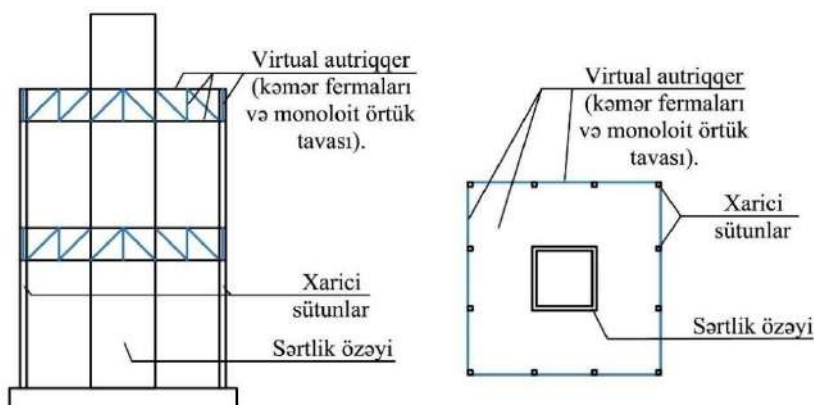
Konvensiyal (ənənəvi) autriqer sistemində autriqer fermaları və ya tirləri öz müstəvilərində yerləşən sərtlik özək divarlarına və özəyin xaricində yerləşən sütunlara birləşir. Sərtlik özək divarı ilə eyni müstəvidə yerləşən xarici sütunları birbaşa əlaqələndirir. Sərtlik özəyinə və özəyin xaricindəki sütunlara birləşdirilmiş autriqer fermaları, sərtlik özəyinin fırlanmasını məhdudlaşdırır və özəkdəki aşma momentinin bir hissəsini xarici sütunlarda şaquli qüvvəyə çevirir.

Konvensiyal (ənənəvi) autriqer sistemi və kəmərlərferma sistemində konvensiyal autriqer elementlərinin quruluşu dəyişməz qalır və əlavə olaraq kəmərlərfermaları verilir. Burada kəmərlərfermaları binanın perimetri boyu yerləşən sütunları biri birinə bağlayır və aralıq sütunları binanın üfüqi yüklərə qarşı müqavimətinin təmin edilməsində fəaliyyətə cəlb edir (şək.2).



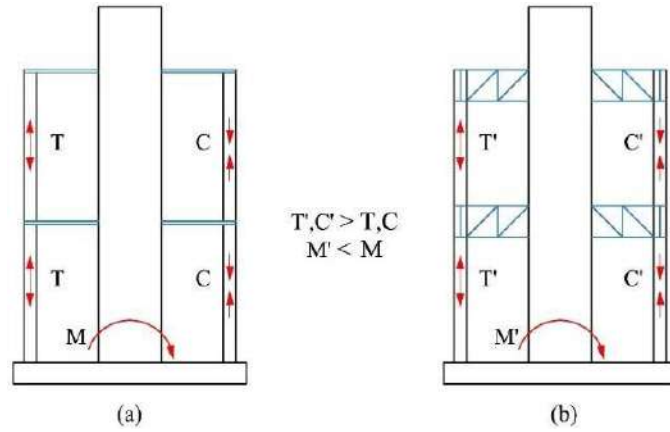
Şəkil 2. Konvensial (ənənəvi) outriqqer sistemi [4]

Virtual outriqqer sistemində sərtlik özəyindəki aşma momentinin xarici sütunlara ötürülməsi sərtlik özəyi ilə sütunlar arasında birbaşa əlaqə olmadan əldə edilir. Beləki virtual outriqqer sistemində sərtlik özəyindəki aşma momenti outriqqerin öz səviyyəsində yerləşən, sərtliyi artırılmış aşağı və yuxarı döşəmə tavaları (üfüqi diafraqmalar) vasitəsilə sərtlik özəyindən xarici sütunlara və kəmərlərinə şaquli qüvvə olaraq ötürülür. Burada kəmərlər fermaları binanın perimetri boyu yerləşən sütunları biri birinə birləşdirir və döşəmə tavaları vasitəsilə kəmərlərinə ötürülən şaquli qüvvələri birləşdirərək xarici sütunlara paylayır (şək.3).



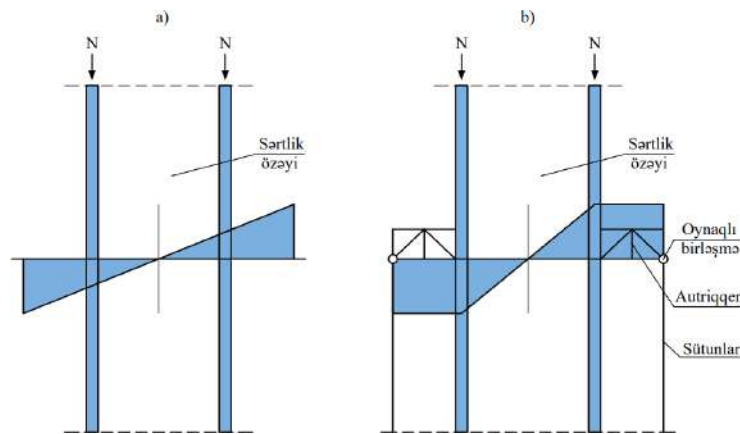
Şəkil 3. Virtual outriqqer (kəmərlər) sistemi [4]

Sistemin əsas struktur reaksiyası olduqca sadədir. Outriqqr, sərtlik özəyini xarici sütunlara birləşdirən sərt bir qol rolunu oynadığından, sərtlik özəyi outriqqer səviyyəsində üfüqi yüklərin təsiri altında yana əyilməyə çalışarkən xarici sütunlarda dartılma, sıxılma, gərginlik yaranır və momentin əksinə hərəkət edir. Outriqqr şəbəkəsi sərtlik özəyindəki qüvvələri outriqqerin uclarındakı əsas xarici sütunlara ötürür və kəmərlər fermaları vasitəsilə aralıq sütunlarında birləşdirərək strukturun birgə fəaliyyətini təmin edir (şək.4) [5].



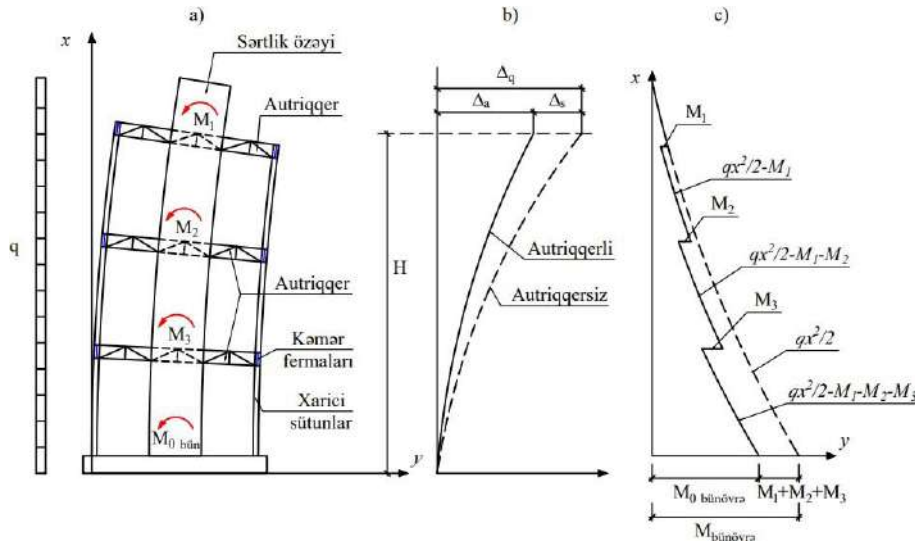
Şəkil 4. Adi sərtlik özəkli çərçivə sistemi (a) ilə autriqerli sərtlik özəkli sistemin (b) müqayisəsi [5]

Burada: T, T, C, C sütunlardakı qüvvələr, M, M isə bünövrə momentləridir. Autriqer elementləri hündür mərtəbəli binanın sərtlik özəyinin enkəsiyindəki gərginliyin özəkətrafi konstruksiyalara paylanmasını təmin edir (şək.5).



Şəkil 5. a– Autriqer sistemi olmayan hündür mərtəbəli binanın sərtlik özəyinin enkəsiyindəki gərginliyin paylanma diaqramı; b - Autriqer sistemli hündür mərtəbəli binanın sərtlik özəyinin enkəsiyindəki gərginliyin paylanma diaqramı [5]

Sərtlik özəyi şaquli bir konsol kimi əyildikdə autriqer şəbəkəsi vasitəsilə üfüqi yüklərin təsir etdiyi səthdə yerləşən sütunlarda dartılma gərginliyinin artması və üfüqi yüklərin təsir etmədiyi səthdə yerləşən sütunlarda sıxılma gərginliyinin yaranması ilə dayanıqlılığın təmin edilməsində strukturun bütün üzvləri iştirak edir. Autriqer struktur sistemi birləşdirdiyi xarici sütunlar və sərtlik özəyinin birgə işləri əsasında aşırma qüvvələrinin bünövrəyə səmərəli şəkildə paylanmasına kömək edir (şək.6).



**Şəkil 6.** a– autriqquer sistemli binanın ümumi sxemi; b- autriqquer sistemli və autriqquer sistemli binanın hərəkət diaqramı; c- autriqquer sistemli və autriqquer sistemli binanın hündürlüyü boyu moment diaqramı [5]

Autriqquerlərin  $M_1$ ,  $M_2$  və  $M_3$  məhdudlaşdırıcı momentlərini yaratmaq üçün kifayət qədər sərt olduğunu qəbul etsək, bünövrədəki  $M_{bünövrə}$  momenti azalacaq.

$$M_{bünövrə} = M_0 \text{ bünövrə} + M_1 + M_2 + M_3 \quad (1)$$

Düstur (1) aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$M_0 \text{ bünövrə} = M_{bünövrə} - \sum M_i \quad (2)$$

Burada:  $M_i$  autriqquerlərin  $i$  sayda məhdudlaşdırıcı momentləridir: [1,4,5].

Autriqquer sisteminin tətbiqi onların aşağıdakı üstünlüklərə malik olduğunu göstərmişdir: Araşdırmalar göstərir ki autriqquer sistemləri gücləndirilmiş polad çərçivəli sərtlik özəyi olan binalarda quraşdırma işləri daha asan başa gəlir. Buna baxmayaraq beton və ya kompozit konstruksiyaların istənilən birləşməsində yaradıla bilər.

Sərtlik özəyinin fırlanmasını məhdudlaşdırır və özəkdəki aşma momentinin bir hissəsini sütunlarda şaquli qüvvəyə çevirir. Autriqquer və kəmərlər sistemlərinin birləşdirdiyi xarici sütunlar və sərtlik özəyinin birgə işləri əsasında aşırma qüvvələrinin bünövrəyə səmərəli şəkildə paylanmasına kömək edir, sütun və bünövrə boyunca qaldırma qüvvələrinin əhəmiyyətli dərəcədə azalmasına nail olunur.

Binalar, autriqquer və kəmərlər sistemləri vasitəsilə sərtlik özəyi ətrafında xarici çərçivə, sərt çərçivəli əlaqələrə ehtiyac olmadan "sadə" tir və sütun çərçivəsindən ibarət ola bilər və nəticədə qənaət yaranır. Binalarda autriqquer və kəmərlər sistemləri özək və boru sistemlərində əhəmiyyətli dərəcədə ağırlıq yükü daşıyan sütunları üfüqi yükə dayanıqlı sistemə səmərəli bir şəkildə daxil edərək əhəmiyyətli dərəcədə qənaətə gətirib çıxara bilər [5].

Autriqquer sisteminin tikinti praktikasında tətbiqinin aşağıdakı çatışmazlıqları vardır: Autriqquer sistemlərinin istifadəsindəki ən əhəmiyyətli çatışmazlıq, onların yerləşdiyi mərtəbələrdə istismar sahələrini məhdudlaşdırması və montaj prosesində ciddi əmək sərf olunmasıdır. Bu çatışmazlıqlar bəzi yanaşmalarla minimuma endirilə bilər. Sistemin texniki mərtəbələrlə eyni səviyyəyə uyğunlaşdıraraq verilməsilə. Təkrarlanan tikinti prosesi və konstruksiyaların ölçülərinin azalması nəticəsində tikinti prosesinin sürətlənməsilə.

Konvensial (ənənəvi) outriqquer sistemi istismar sahələrini məhdudlaşdırmasına və quraşdırılma prosesində ciddi əmək sərf olunmasına baxmayaraq çoxmərtəbəli hündür binaların sərtliyinin artırılmasında qarantili olduğu üçün öz mövqeyini qoruyub saxlamaqdadır [5].

#### Nəticə.

1. Autriqquer və kəmərlər sistemləri polad, beton və ya kompozit konstruksiyaların istənilən birləşməsində yaradıla bilər.
2. Autriqquer və kəmərlər sistemlərinin mərtəbələrinin sayı 40 mərtəbədən çox olan binalarda üfüqi yüklərə qarşı dayanıqlığın artırılmasında istifadə edilməsi məqsədəuyğundur.
4. Binaların yuxarı və orta sahəsində autriqquer və kəmərlər sisteminin yerləşdirilməsi 60 mərtəbəyə qədər olan

binalar üçün iqtisadi cəhətdən səmərəli hesab olunur. Material sərfi və binanın üfüqi sərtliyinin artırılması baxımından sistemin səmərəliliyi 30% qiymətləndirilir.

5. Outriqer sistemini binanın hündürlüyü boyu texniki mərtəbələrdə yerləşdirmək məqsədəuyğun hesab olunur bu halda binanın funksional təyinatı pozulmur.

6. Araşdırmalar göstərir ki, outriqer və kəmərlər sistemi tətbiq edilmiş bina modellərində rəqs müddəti outriqer və kəmərlər sistemi tətbiq edilməmiş bina modellərinə nəzərən daha kiçik olur. Beləki, outriqer və kəmərlər sistemi tətbiq edilməmiş bina modellərində rəqs müddətini azaltmaq üçün struktur elementlərinin en kəsiklərinin artırılması tələb olunur.

7. Outriqer və kəmərlər sistemi hündür binaların tikintisində ən çox inkişaf edən, aktiv və iqtisadi cəhətdən sərfəli sistemlərdən biridir.

### Ədəbiyyat

1. Немчинов Ю.И. Сейсмостойкость высотных зданий и сооружений. 175-182с. 2015
2. Ajinkya Prashant Gadkari, 2N. G. Gore. Review on Behaviour of Outrigger Structural System in High-Rise Building. IJEDR. Vol.4, Issue 2. ISSN: 2321-9939. 2016
3. N. G. Gore, Miss Purva Mhatre. Outrigger Structural System – A Review and Comparison of the Structural System. International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT). vol. 64 N1. October 2018
4. R. Shankar Nair, Belt Trusses and Basements as “Virtual” Outriggers for Tall Buildings. Engineering Journal. Fourth Quarter. 1998
5. Goman W.M. Ho. The evolution of outriggers system in tall
6. Buildings. Article in International Journal of High-Rise Building March. 2016

*Məqaləyə istinad: Əliyev V.M. Hündür binaların zəlzələyə davamlılığının təmin olunmasında outriqer və kəmərlər sistemlərinin səmərəliliyinin tədqiqi. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzMIU, s. 97-102, N2, 2023*

*For citation: Aliyev V.M. Study of effectiveness of outrigger and belt systems in ensuring earthquake resistance of high buildings. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzUAC, p. 97-102, N2, 2023*

***Məqalə INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES (AERS2023) adlı konfrans materialıdır.***

<http://doi.org/1058225/sw.2023.2-103-108>

## TİKİNTİ İŞLƏRİ APARILACAQ SAHƏLƏRDƏ ZƏLZƏLƏNİN TƏSİRİNDƏN QRUNTLARIN FİZİKİ-MEXANİKİ XÜSUSİYYƏTLƏRİNİN ANOMAL DƏYİŞMƏLƏRİNİN NƏZƏRƏ ALINMASI ÜSULLARI

**Qarayeva Nigar**- elmi işçi, Azərbaycan İnşaat və Memarlıq Elmi Tədqiqat İnstitutu, azimeti@arxkom.gov.az

**Xülasə.** Həll olunan məsələlər tikinti aparılacaq əraziyə vizual baxış keçirmək və ekoloji təhlükə (sürüşmə, çökmə, uçqun və s.) ehtimal olunan amilləri müəyyənləşdirmək, tikinti aparılacaq ərazidə mühəndisi geoloji-geofiziki kəşfiyyat işlərini aparmaqla 100-150 m dərinlik üzrə layların geoloji quruluşunu və onları təşkil edən qruntun litoloji tərkibini öyrənmək, layların əsas ayırıcı sərhədlərini müəyyənləşdirmək, dərinlik üzrə seysmik kəsilişlərin qurulması, laylı mühitin seysmik xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi, geofiziki (seysmik, elektrik, maqnitometrik və qravimetrik) üsullarla tikinti aparılacaq sahənin geoloji-tektonik şəraitinin öyrənilməsi, tikinti aparılacaq ərazidə layların geofiziki məlumatlar əsasında 3D modelini qurmaq, tikinti aparılacaq ərazinin seysmik rayonlaşma və mikroseysmik rayonlaşma xəritələri əsasında neçə ballıq (MSK-64 şkala əsasında) zonada yerləşdiyini təyin etmək, tikinti aparılacaq ərazidə qruntun mexaniki xüsusiyyətlərini müəyyənləşdirmək, Ərazinin müasir ekoloji təhlükəsizlik şəraitinin qiymətləndirilməsi və tikinti normaları nəzərə alınmaqla layihənin hazırlanması.

**Açar sözlər:** seysmik kəsilişlər, layların geoloji quruluşu, qruntun litoloji tərkibi, geofiziki üsullar (seysmik, elektrik, maqnitometrik və qravimetrik), layların 3D modeli, seysmik rayonlaşma və mikroseysmik rayonlaşma xəritələri, tikinti normaları

## METHODS OF CONSIDERATION FOR ANOMALOUS CHANGES IN THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF SOILS DURING EARTHQUAKES IN THE AREAS OF CONSTRUCTION WORK

**Garayeva Nigar**- researcher, Azerbaijan Scientific Research Institute of Construction and Architecture, azimeti@arxkom.gov.az

**Summary.** Solved issues visual inspection of the construction site and identification of possible environmental hazards (landslides, landslides, avalanches, etc.) study of lithological composition of soil, determination of main dividing boundaries of layers, construction of seismic sections at depth, study of seismic features of stratified environment, study of geological-tektonic conditions of construction site by geophysical (seismic, electric, magnetometric and gravimetric) methods, geophysical data To build a 3D model, to determine the number of points (based on the CEC-64 scale) in the zone on the basis of seismic zoning and microseismic zoning maps of the construction site, to determine the mechanical properties of the soil in the construction site, modern ecological assessment of safety conditions and design of the project taking into account the construction norms.

**Keywords:** seismic sections, geological structure of layers, lithological composition of soil, geophysical methods (seismic, electrical, magnetometric and gravimetric), 3D model of layers, seismic zoning and microseismic zoning maps, construction norms

**Giriş.** Aparılan tədqiqatlar göstərir ki, eyni konstruksiyalı binalar eyni bir zəlzələnin təsirindən müxtəlif dərəcəli zədələnmələr alırlar (şək. 1). Buna əsas səbəb binalar tikilən sahələrdə qruntun müxtəlif növ olmasıdır. Belə ki, yumşaq qruntlarda zəlzələ qüvvəsinin rəqsinin tezliyi az, zəlzələdən yaranan və mühitdə yayılan eninə, uzununa və digər seysmik dalğaların amplitudası çox olur. Bərk qruntlarda isə əksinə olur, yəni zəlzələ qüvvəsinin rəqsinin tezliyi çox, amplitudası isə az olur. Qruntların bu xassəsi bina layihələndirilən zaman nəzərə alınmalıdır. Bina tikilməmişdən əvvəl sahənin geoloji-tektonik quruluşu mükəmməl öyrənilməlidir. Binanın və ya hər hansı inşa olunan qurğunun zəlzələ rəqsi zamanı rezonans oblastında işləməsi üçün yumşaq qrunt da sərt binalar, bərk qrunt da isə çəvik binalar tikilməlidir. Qruntlar zəlzələyə davamlılığına görə 3 kateqoriyaya bölünür: I, II, III kateqoriya. Bina tikilən zaman ərazinin düzgün seçilməsi və qruntun xassələrinin dəqiq öyrənilməsi çox vacibdir. Tikinti aparılacaq sahədə relyefin və kəsilişdə iştirak edən layların mailliyi 15 dərəcədən artıq olan yerdə, yənidik yamacda, bina tikmək məsləhət görülmür. Əgər binanın bünövrəsi qoyulacaq yer batan və çökən

əlamətləri olan qruntndan ibarətdirsə, o zaman hökmən qruntun bu qatı tam götürülməli və yaxud da texniki vasitələrlə müvafiq normalara uyğun bərkidilməlidir [1,2].



Şəkil 1. Güclü zəlzələdən sonrakı dağıntıların mənzərəsi [2]

Ərazidə qruntun xassələri ətraflı öyrənilməlidir, bunu təyin etmək mümkün deyilsə, onda bünövrəni dərinədən götürmək lazımdır.

Tikinti norma və qaydalarına dair məlumatlar daima nəzərdən keçirilir və dəqiqləşdirilir. Yeni üsulların yaradılması tikinti normativlərinin daima təkmilləşdirilməsini tələb edir. Hazırda zəlzələyə davamlılığa hesablanmanın normalaşdırılması (СНП II-7-81) aşağıdakılardan ibarətdir.

$$S_{ik} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_{\psi} \cdot A \cdot \beta_{ik} \cdot \eta_{ik} \cdot Q_{ik}$$

$k_1$  – bina və qurğuların zədələnməsinin buraxıla bilən həddini nəzərə alan əmsal olub, zəlzələ zamanı qalıq deformasiyaları və yerli zədələnmələri yol verilməyən bina və qurğular üçün  $k_1=1$ , yükdaşıyan konstruksiyalarında adamların təhlükəsizliyini və bina içərisindəki qiymətli ləvazimatın etibarlı saxlanmasını qorxu altına almayan zədələnmələrə bina və qurğuların (yaşayış, ictimai, sənayevə kənd təsərrüfatı bina və qurğuları, hidrotexniki və nəqliyyat qurğuları, enerji, yanğınsöndürmə və su təchizatı sistemləri, bir sıra rabitə sistemləri və s.) hesablanması zamanı  $k_1=0,25$ , yükdaşıyan konstruksiyalarında binanın normal istismarının müvəqqəti dayandırılmasına gətirib çıxaran qalıq deformasiyalarına, çatlara, ayrı-ayrı elementlərin zədələnməsinə və onların böyük nisbi yerdəyişməsinə icazə verilən bina və qurğuların (içərisində qiymətli ləvazimat olmayan bir mərtəbəli sənaye və kənd təsərrüfatı binaları) hesablanmasında isə  $k_1=0,12$  götürülür.

$k_2$  – bina və qurğuların konstruktiv həllini (sxemini), xüsusiyyətlərini nəzərə alan əmsal olub, mərtəbələrin sayı ( $n$ ) 5-dən çox olan karkas, iribloklı və divarları kompleks konstruksiyalı (dəmir- beton sütunlarla gücləndirilən daş və kərpic divarlı) binalarda

$$k_2 = 1 - 0,1(n - 5)$$

ifadəsinin köməyi ilə tapılır. Mərtəbələrinin sayı 5-ə qədər olan iripanelli və tökmə dəmir-betondivarlı binalarda  $k_2=1,3$  başqa binalarda isə  $k_2=1$  qəbul edilir.

$k_{\psi}$  – binanın ümumi sərtliyini nəzərə alan əmsal olub, planda ölçüləri kiçik götürülən hündür qurğulara, sütunun mərtəbə səviyyəsindəki hündürlüyünün onun en kəşik ölçüsünə nisbəti 25-ə bərabər və ondan çox olan və həmçinin doldurucunun karkasın deformasiyaya uğrama xüsusiyyətlərinə təsirgöstərməyən karkas binalarda  $k_{\psi}=1,5$  qalan bütün hallarda isə  $k_{\psi}=1$  götürülür.

A-binanın hesabi seysmikliyindən asılı olaraq 7;8 və 9 bala uyğun 0,1; 0,2 və 0,4 götürülən zəlzələ əmsalıdır.

$\beta_i$  – dinamik əmsal olub, bina əsası rolunu oynayan qrunt qatının kateqoriyası və binanın sərbəstrəqslərinin periodudur. ( $T_i$ ).

I növ qrunt üçün

II növ qrunt üçün III növ qrunt üçün

$$0,8 \leq \beta_i = \frac{1}{T_i} \leq 3$$

$$0,8 \leq \beta_i = \frac{1,1}{T_i} \leq 2,7$$

$$0,8 \leq \beta_i \leq 2$$



$\eta_{ik}$  – binanın və qurğunun K nöqtəsinə və baxılan rəqs formasına uyğun əmsal olub, aşağıdakı ifadə ilə tapılır. burada  $U_{ik}$  və  $U_{jk}$  – binanın baxılan (k) və çəkisinin mərkəzləşdiyi (j) nöqtələrində onun sərbəst rəqslərinin

$$\eta_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^n Q_j \cdot U_{jk}}{\sum_{j=1}^n Q_j \cdot U_{jk}^2} \cdot U_{ik}$$

uyğun formasında yerdəyişməsi.

$Q_j$  – binanın hissəsinin (j) nöqtəsində cəmləşdirən çəkidir.

$Q_{ik}$  – binanın (k) nöqtəsinə uyğunlaşdırılmış hissənin çəkisidir. Bu zaman Q binanın həmin hissəsinin həqiqi həndəsi ölçüləri və onun materialının həqiqi həcmi çəkisi nəzərə alınaraq hesablanmalıdır. Binanın bu hissəsinə təsir edən səmərəlik yük də həmçinin onun həqiqi qiymətinə uyğun götürülməlidir.

Tikinti meydançasının hesabi seysmikliyi inşaat normaları və qaydalarına əsasən aşağıdakı cədvələ (cədvəl 1) görə müəyyən edilir.

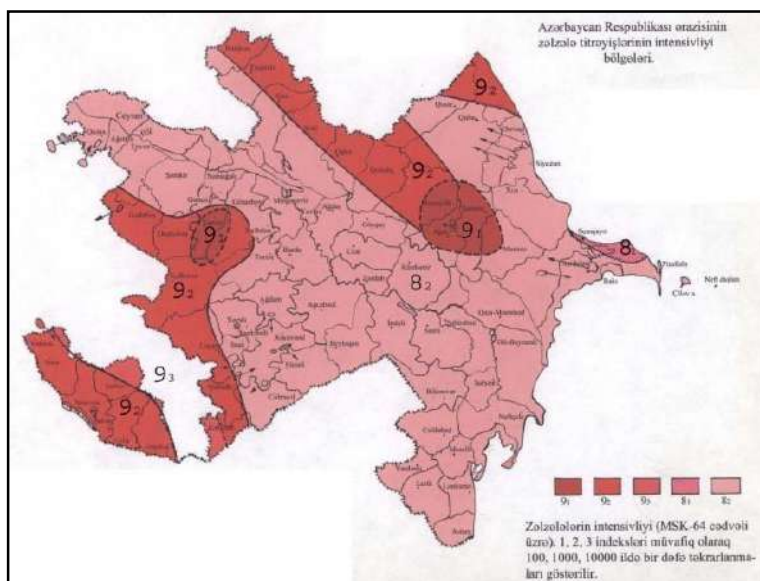
Qeyd etmək lazımdır ki, tikinti normativ seysmikliyi 6 bal olan III kateqoriyalı qrunnt şəraitində aparılırsa, bu halda hidrodüyünün tikinti meydançasının hesabi seysmikliyi 7 bal qəbul edilməlidir. Göstərilən kateqoriyalı qrunnt şəraitində zəlzələnin normativ intensivliyi 9 bal olduqda və xüsusi əsaslandırma olmadıqda hidrotexniki tikintinin aparılmasına icazə verilmir. Cədvəldən görüldüyü kimi, bünövrə qaya və yarımqaya süxurlardan təşkil olunduqda normativ seysmiklik zəlzələnin intensivliyi ilə müqayisədə bir bal az qəbul olunur.

**Cədvəl 1.**

Seysmiki xassələrinə görə qrunntun kateqoriyaları	Bünövrə qrunntları	Müxtəlif normativ seysmiklikdə tikinti rayonunun hesabi seysmikliyi (balla)		
		7	8	9
I	Qaya və yarımqaya süxurlar, çox sıxlıqlı parçalı qrunntlar	6	7	8
II	Bərk konsistensiyalı gil və qumlu gil, iri parçalı qrunntlar, çınqıl-qırmadaş və iri dənəliqum qrunntlar	7	8	9
III	Yumşaq və axıq-plastiki gil və qumlu-gil, orta və xırda dənəli qum qrunntları	8	9	9

Bünövrə su ilə doymuş gil qrunntlarından ibarət olduqda isə əksinə seysmiklik bir bal artıq qəbul olunur.

Seysmiki rayonlaşdırma xəritəsinə əsasən qrunnt şəraitini nəzərə almaqla təyin edilən hesabi seysmiklik yalnız III və IV sinfə aid olan hidrodüyünlərin layihələndirilməsində istifadə oluna bilər. Azərbaycan ərazisinin seysmik payonlaşması indiyə kimi son zəlzələ məlumatları nəzərə alınmaqla qurulmamışdır, hazırda ərazinin seysmikliyi 7-9 bal kimi səciyələnilir (şək.2). Azərbaycanın son seysmik rayonlaşdırılma xəritəsi 1989-cu ildə tərtib olunmuş və 1991-ci ildə bir qədər dəqiqləşdirməklə uyğun olaraq real və potensial ocaq zonaları ayrılmış, sonra isə gözlənilən seysmik effekt hesablanmışdır.



Şəkil 2. Azərbaycan ərazisinin seysmik rayonlaşdırma xəritəsi (1991-ci il) [5]

I və II sinfə aid olan hidrotexniki qurğular üçün göstərilən qayda ilə müəyyən edilmiş seysmiklikyalnız layihələndirilmənin ilkin mərhələsində, yəni texniki-iqtisadi əsaslandırma istifadə olunma bilər. Birinci sinfə mənsub olan hidrotexniki qurğuların texniki-iqtisadi əsaslandırılmasında hesabi seysmiklik normaya əsasən qəbul edilən seysmiklikdən bir bal artıq qəbul olunur.

Əsaslı layihələndirmə və qurğuların dayanıqlığının hərtərəfli tədqiqi mərhələsində hidrodüyünlərin inşaat meydançasında xüsusi mühəndisi-seysmoloji tədqiqatlar aparılır ki, bu da mikroseysmiki rayonlaşdırma adlanır. Belə tədqiqatların əsas məqsədi real geoloji və tektonik şəraiti nəzərə alaraq baş verə biləcək seysmiki təsirin əsas parametrlərini müəyyən etmək və qurğuların layihələndirilməsi üçün etibarlı zəmin yaratmaqdır. Mikroseysmiki rayonlaşdırma tikintimeydançasından radiusu 100 km-ə qədər olan bir sahədə aparılır. Aparılmış tədqiqatlar nəticəsində əvvəlcə orta qrunut şəraiti üçün maksimal seysmiki effekt müəyyən edilir və sonra da bu effekt inşaat meydançası üçün real geoloji və neotektonik şəraiti nəzərə almaqla dəqiqləşdirilir.

Seysmiki təsirin əsas parametrləri (zəlzələnin intensivliyi, təcili, sürət və yerdəyişmə) inşaat meydançasının təşkil edən süxurların akustik sərtliyinə tərs mütənəsb olaraq qəbul edilir. Bu da akustik sərtlik əmsalı ilə müəyyən edilir.

$$\beta_{0-1} = \frac{\rho_0 v_{p0}}{\rho_1 v_{p1}}$$

Burada:  $\rho_0, \rho_1$  – süxurların sıxlıqları;  $v_{p0}$  və  $v_{p1}$  – həmin süxurlarda boyuna elastiki dalğaların yayılma sürətləridir. Orta qrunut şəraiti üçün  $\rho_0 \approx 2,0 \text{ t/m}^3$ ;  $v_{p0} \approx 2500 \text{ m/s}$  qəbul etmək olar. Göstərilən  $\beta_{0-1}$  əmsalından mikroseysmiki rayonlaşdırmada zəlzələnin analoq tipli yazılarının tərtibində geniş istifadə olunur.

Zəlzələdə olan insanların evlərinin uçulması bizləri sarsıdır, ancaq heç də təəccübləndirmir. Onagörə ki, biz artıq zəlzələnin dağıdıcı olduğunu bilirik. Zəlzələdən başqa da geoloji dağıdıcı effektlər müşahidə edilir. Yəni uçma, qrunutun çökməsi, sürüşməsi, sunami və s.

Seysmoloqlar zəlzələnin nəticələrini iki hissəyə bölürlər.

1. Təbiətlə əlaqədar məsələ, yer sürüşməsi

2. İnsan fəaliyyəti ilə əlaqədar. Məsələ, bəndlərin nəticəsində olan su basqını və s.

2000-ci ildə Azərbaycanda Bayıl sürüşməsi, Bayıl dərəsinin o biri tərəfində Şonqar dağ massivinin qopan cənub hissəsində dənizə tərəf hərəkət edir. Bayıl zonasının kənarını tektonik şarınir (dörsək) formasına salır. Həmin qopan hissə min illər öz yerində 3 km yaxın hərəkət edib. Bayıl zonasını sıxıb, Bayıl tirəsi yaradıb. O proses indi də gedir. Hərəkət edən plitələrin dərinliyi 5 km-dir, ondan aşağı hərəkət etmir. Bu proses həmişə gedir, onun aktiv və passiv dövrləri olur. Sürüşmə nəticəsində Karvansaray adası– o ada ki, indi dənizdədir– Bakı buxtasında Badamdardağının yerindən hərəkət edib, gedib çıxıb dənizə. Bu o deməkdir ki, Bayıl zonasında ən yüksək mənfiyanomaliya Badamdar dağına düşür ki, onun da qrammometrik qiyməti mənfi 15 milliqaldır. Buproseslərə başqa planetlərin, ayın, günün də təsiri var. Onların təsiri müəyyən ölçü əmsallarını dəyişir.

Zəlzələ nəticəsində əmələ gələn başqa bir təhlükə də qruntun çökməsidir. Zəlzələ nəticəsində qrunt silkələnən zaman onun məsaməli, boş hissəcikləri bir-birinə sıxlaşır. Onda yerin ümumi həcmi azalır və nəticədə çökmə baş verir. Çökmə zamanı yer səthinin öz quruluşunu dəyişməsi nəticəsində yer səthində bina və qurğuların dağılması baş verir.

Dəqiq layihələşdirmə olduqda da belə bu dağılma baş verir, çünki çökmə nəticəsində bünövrə bir-birinə nisbətən çökür və bu da dağılmaya səbəb olur. Bunun qarşısını müəyyən qədər almaq üçün keyfiyyətsiz qruntu götürüb əvəzində svay bünövrələrdən istifadə olunur. Bu svaylar məsaməli (zəif) qruntun keçir bərk qrunt çatır.

Mövcud inşaat normaları və qaydalarına əsasən aktiv sürüşmə baş verən sahil və ya təbii yamaclarda sürüşmə prosesinin qarşısını ala biləcək etibarlı mühəndisi tədbirlər görülmədən bina və qurğuların, yerüstü və yeraltı kommunikasiyaların tikintisi qəti şəkildə qadağan edilir. Bununla əlaqədar olaraq sürüşmə təhlükəsi olan ərazilərdə bina və qurğuların layihələndirilməsi üçün onlara göstərilən istismar tələblərini tam təmin edə biləcək etibarlı mühəndisi hesablama metodikalarının işlənməsi, inşaat normalarının hazırlanması olduqca vacib və dövlət əhəmiyyətli məsələlərdir.

Bir çox hallarda sürüşmə zonalarında texniki cəhətcə əsaslandırılmadan bina və qurğuların tikilməsi, kommunikasiyaların çəkilməsi sürüşmə prosesini intensivləşdirir və fəlakətli nəticələrə gətirir. Bu müqabilədən Bakının Bayıl yamacında və Əhmədli qəsəbəsində baş vermiş sürüşmələri göstərmək olar. Əhmədli qəsəbəsində layihə və istismarda buraxılmış səhvlər nəticəsində doqquz mərtəbəli yaşayış binası on dörd metrədən çox sürüşmüş və istifadə üçün tam yararsız vəziyyətə düşmüşdür.

Binanın sürüşməsinə yaranan başlıca səbəb onun real qrunt şəraitini nəzərə alaraq özülünün qoyulma dərinliyinin düzgün seçilməməsi (kiçik qrunt təbəqəsini kəsməklə möhkəm qaya qruntu ilə əlaqələndirilməsi) istilik, su və kanalizasiya borularının nasazlığı nəticəsində su sızması və özülaltı qruntun nəmləşməsi nəticə etibarlı ilə kontakt səthdə bünövrənin möhkəmlik parametrlərinin itirilməsinə, kontakt sürüşməyə qarşı müqavimətin ciddi zəifləməsinə və təxminən  $10 \div 15^0$ -lik meyl bucağı olan yamacda binanın sürüşməsinə səbəb olmuşdur.

6-7 mart 2000-ci ildə Bayıl yamacında baş vermiş torpaq sürüşməsi ən fəlakətli sürüşmələrdən biridir. Bu sürüşmənin baş verməsində başlıca səbəb Bayıl yamacında qeyri-qanuni şəkildə müxtəlif yerüstü və yeraltı qurğuların inşa edilməsi və bunların istismarında ciddi səhvlərə yol verilməsi nəticəsində sürüşən massivdə hidrogeoloji şəraitin kəskin dəyişməsi, müxtəlif mənbələrdən sızan yeraltı suların təsiri nəticəsində kontakt səthdə yerləşən gil təbəqələrinin axıcı-plastiki vəziyyətə gəlməsi ilə əlaqədar kontakt sürüşməyə qarşı müqavimətin ciddi azalması səbəb olmuşdur. Bununla yanaşı Bayıl yamacında qrunt sularının təsirindən hidrodinamiki və suffoziya proseslərinin sürətlənməsi də torpaq sürüşməsinin intensivləşməsinə səbəb olmuşdur.

Yamacda baş vermiş sürüşmə nəticəsində iki yaşayış evi, bir çox yeraltı kommunikasiyalar, o cümlədən böyük diametrlı su borusu, Neftçilər prospektində 120 m, Bağırov küçəsində 3000 m yol, gəmi təmiri zavodunun bir çox qurğuları, LUKOYL yanacaq doldurma stansiyası, Səbayıl RXM-in binası, qoruyucu istinad divarları və s. dağılmışdır. Torpaq yamacda 20 ha sahəni əhatə etmiş, onun baş hissəsində kəsilmə divarlarının hündürlüyü 25-37 m olmuşdur. Bu kəsilmə divarı hal-hazırda dağüstü parkda yaradılmış baş abidə qurğularının 50 m-liyində yerləşir və onun üçün böyük təhlükə yaradır. Yamacın sürüşmə baş verən hissəsinin uzunluğu yamacın düşmə istiqamətində 430 m, eni yuxarı hissədə 220 m, aşağı hissədə isə 350 m-dir sürüşmə yamacının mütləq səviyyə düşməsi 100 m və onun orta qalığı 35-40 m-ə yaxındır. Sürüşmənin dil hissəsində yerin səthi 6 – 7 m qalxmışdır.

Məlum olduğu kimi Mingəçevir su anbarının sağ sahilində ümumi sahəsi 75 ha olan geniş ərazidə olduqca təhlükəli bir sürüşmə prosesləri baş verir. Bu ərazinin sərhədləri cənub şərqdə yuxarı Qarabağkanalının giriş tuneli, şimalda “Gəmi buxtası”, cənub-qərbdə Bozdağ silsiləsinin suayırıcısı, şimal- şərqdən Mingəçevir su anbarının sahil zolağı ilə məhdudlaşır. Son 15 il ərzində burada bir neçə dəfə təhlükəli torpaq sürüşmələri baş vermiş və xoşbəxtlikdən Mingəçevir hidrodüyününə daxil olan əsas qurğulardan yan keçmişdir. 1996 və 2000-ci illərdə baş vermiş torpaq sürüşmələri Mingəçevir torpaq bəndinin sağ cinahı və yuxarı Qarabağ kanalının giriş tuneli üçün çox təhlükəli olmuş, lakin qəza ötürmüşdür.

Mingəçevir su anbarının sağ sahilində baş vermiş sürüşmələrin nəticələrinin aradan qaldırılması üçün ilkin təxirə salınmaz tədbirlər görülməlidir. Bu tədbirlərin sürüşmə sahəsinin 200 m mütləq səviyyəyə qədər kəsilməsi, karst qıfları və çatların doldurulması, səth sularının mütəşəkkil olaraq sürüşmə zonasından kənarlaşdırılması, sahilbərkitmə işləri və yamacın kəsilməsi kimi konstruktiv tədbiri göstərmək olar.

Göstərilən zonalarda gələcəkdə təhlükəli sürüşmələrin qarşısını almaq, daha etibarlı mühəndisi tədbir hazırlamaq üçün sürüşməni yaranan səbəblər dərinədən araşdırılmalı, yamaclar 8 ballıq seysmik təsirə də nəzərə

alınmaqla dayanıqlılığa hesablanmalıdır. Yalnız belə olduqda sürüşməni qabaqcadan proqnozlaşdırmaq və ona qarşı mühəndisi tədbirləri layihələndirmək olar.

#### Nəticə.

1. Tikinti işləri aparılacaq Bakı və digər şəhərlərdə, işğaldan azad olunmuş ərazilərdə inşa olunacaq dövlət əhəmiyyətli obyektlərin dayanıqlı olması, zəlzələ baş verdikdə onların dağılma təhlükəsini azaltmaq məqsədilə qrunnun mexaniki xüsusiyyətlərinin dəqiq qiymətləndirilməsi dəqiqləşdirilməlidir.
2. Bu işlərin yerinə yetirilməsinə dair layihələrin hazırlanması zamanı baş verən zəlzələlərin dağıdıcılıq təsirinin nəzərə alınması məqsədilə tikiləcək binaların və qurğuların yerləşdiyi sahələrdə qrunnun fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinin dəqiq müəyyən olunmuş üsullarla aparılmalıdır.
3. Ümumilikdə toxunulan məsələlərin daha geniş araşdırılması, faktiki materiallar əsasında baş verən zəlzələlərlərin qrunnun mexaniki xüsusiyyətlərinin dəyişməsinə təsiri və tikinti normaları nəzərə alınmaqla daha dayanıqlı tikinti işlərinin aparılması təmin olunmalıdır.

#### Ədəbiyyat

1. Етирмишли Г.С. Ощутимые землетрясения Азербайджана за период 2003-2018 г. Баку, Элм.415с. 2020
2. Рикитаке Т. Предсказание землетрясений, М.: Мир, 335с. 1979
3. Соболев Г.А. Физика очага и прогноз землетрясений. ИФЗ РАН. М. 344с. 1992
4. Добровольский И.П. О модели подготовки землетрясений. Изв. АН СССР, Физика Земли, N11, 23-31с. 1980
5. Мячкин В.И. Процессы подготовки землетрясений. М.Наука, 232с. 1978
6. Арефьев С.С., Татевосян Р.Э., Шебалин Н.В. Об устойчивости собственной пространственно временной структуры сейсмичности Кавказа. Изв. АН СССР. Физика Земли. N12. 37–41с. 1989
7. Виноградов С.Д. Акустические исследования процессов разрушения горных пород в шахте“Анна”, Чехословакия. Изв. АН СССР. Сер. геофиз. N4. 501–512с. 1963
8. Руммель Ф., Соболев Г.А. Изучение образования сдвиговых трещин и сейсмического режима в образцах, содержащих включения пониженной прочности. Изв. АН СССР. Физика Земли. N6.59–73с. 1983
9. Вебер В.Н. Шемахинское землетрясение 31 января 1902-1903
10. Медведев С.В. К вопросу об учете сейсмической активности района при строительстве, Труды сейсмологического института АН СССР, N119, 1947
11. Сейсмическое районирование территории СССР. Методические основы и региональное описание карты. М.: Наука, 307с. 1980
12. Гусев А.А. 1984. Описательная статистическая модель излучения очага землетрясений и ее применение к оценке сильного движения // Вулканология и сейсмология. №1, С. 3-22.
13. Уломов В.И. Об основных положениях и технических рекомендациях по созданию новой карты сейсмического районирования территории Российской Федерации. Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. Вып. 2-3. 9-26с. 1995
14. Маммадли Т.Я. Новая методика выявления очаговых зон сильных землетрясений и определение их максимальных магнитуд ( $M_{max}$ ) по слабой сейсмичности (на примере территории Азербайджана) ПРОБЛЕМЫ СЕЙСМОТЕКТОНИКИ. Материалы XVII Всероссийской конференции с международным участием Воронеж- Москва, 37-341с. 20- 24 сентября 2011
15. Ş.Ə. Məmmədov, Əhmədov, Ə.M. Rzayev R.A., Zeynalov A.Q. Qurğuların zəlzələyə davamlığı 5-180s. 2003

*Məqaləyə istinad: Qarayeva N. Tikinti işləri aparılacaq sahələrdə zəlzələnin təsirindən qruntların fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinin anomol dəyişmələrinin nəzərə alınması üsulları. Elmi əsərlər/Scientific works, AzMIU, s. 103-108, N2, 2023*

*For citation: Garayeva N. Methods of consideration for anomalous changes in the physical and mechanical properties of soils during earthquakes in the areas of construction work. Elmi əsərlər/Scientific works, AzUAC, p. 103-108, N2, 2023*

**Məqalə INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES (AERS2023) adlı konfrans materialıdır**

<http://doi.org/1058225/sw.2023.2-109-112>

## SEISMOLOGICAL ISSUES IN THE EARTHQUAKE RESISTANCE OF BUILDINGS (AS AN EXAMPLE IN AZERBAIJAN)

**Garavaliyev Etibar Sayad**- Phd candidate., ass. prof., head of Department- Republican Seismic Survey Center of Azerbaijan National Academy of Sciences, getibar@rambler.ru

**Abstract.** Many dangerous processes of endogenous and exogenous origin occur on Earth. It has been established that natural and man-made emergencies such as earthquakes, landslides, droughts, floods, sea level rise and fall, and forest fires are more characteristic and dangerous for the territory of Azerbaijan. Since the territory of Azerbaijan is a part of the active Alpine-Himalayan fold belt, strong and destructive earthquakes have occurred here from time to time (427, 1139, 1235, 1667, 1902, 1961, 1963, 1989, 2000, 2007, 2012 years and etc.). From this point of view, it is one of the important issues on seismologists and builders to ensure that people can continue their life activities without problems and losses, buildings and facilities continue to exploitation without serious damage during an earthquake in such a seismoactive zone. To achieve this goal, civil engineers must have accurate seismological data reflecting the seismicity of the area. That is, the effectiveness of earthquake-resistant construction can be achieved when the parameters of probable seismic effects are correctly estimated and the effects of second-order factors (hazard) associated with these effects are taken into account. From this point of view, the new information obtained in the seismic monitoring of the territory of Azerbaijan with modern seismic devices since 2003 year has led to the resolution of many issue.

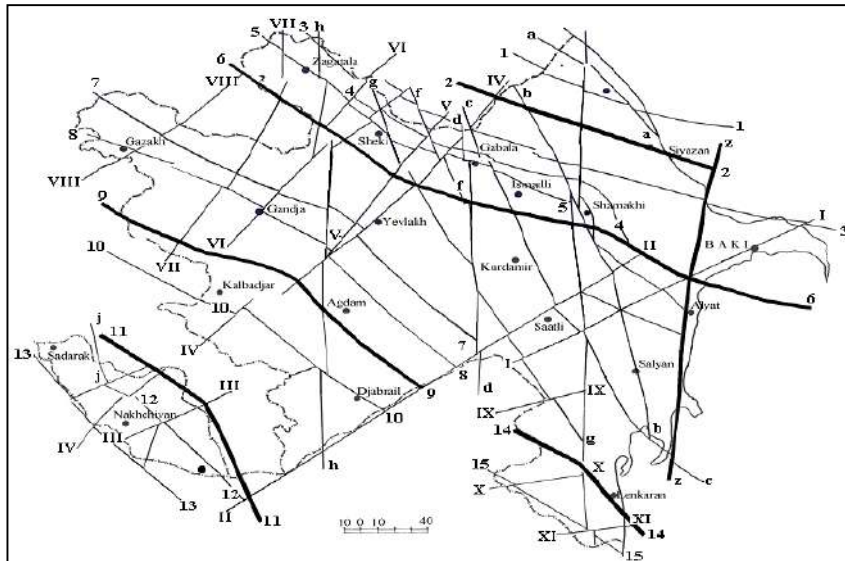
**Keywords:** earthquakes; tectonic faults; earthquake resistance of buildings; seismic code

**Introduction.** Since the territory of Azerbaijan is a part of the active Alpine-Himalayan folded belt, strong and destructive earthquakes have occurred here from time to time (in 427, 1139, 1235, 1667, 1902, 1961, 1963, 1989, 2000, 2007, 2012, etc. earthquakes). About 4,000 earthquakes are registered in the territory of the republic every year. About 20-25 of these earthquakes are felt (fig.1) [3].



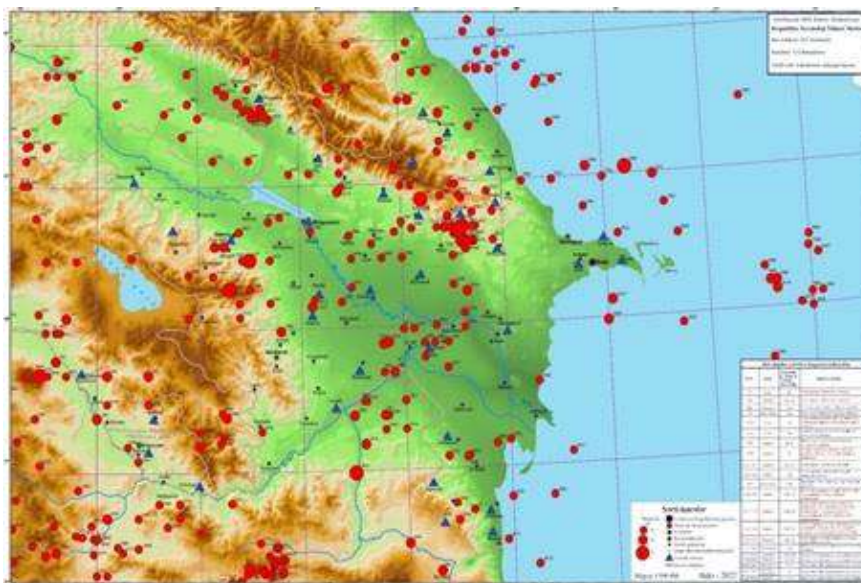
**Figure 1.** Map of epicenters of earthquakes in Azerbaijan and adjacent territories for the period 2003-2022 with  $m_l > 3.0$  [3]

The recording of this number of earthquakes in a small area is directly related to the tectonics of the area. A map of tectonic faults was prepared for the territory of Azerbaijan by different authors. One such map was prepared in 2005. As can be seen from the picture, the territory of the republic is characterized by numerous longitudinal and transverse tectonic faults (fig.2).



**Figure 2.** Fault map of the territory of Azerbaijan (Author: Kengerli T.N., 2005) [3]

According to the map of epicenters of strong earthquakes (with  $M \geq 5$ ) that occurred in the territory of the republic for the period 427-2022 years, we can say that strong earthquakes occurred mainly due to longitudinal depth faults (fig.3) [3].



**Figure 3.** The epicenters map of strong earthquakes of Azerbaijan with magnitude  $M \geq 5$  (for the period 427-2022 years) [3]

Non-missing recording of low-magnitude earthquakes on the territory of the republic was achieved thanks to the creation of a seismic network consisting of modern seismic stations (produced by the USA company “Kinometrics”). These stations were purchased and installed after the earthquake that occurred in the South Caspian Sea on November 25, 2000. Currently, the seismic network consists of 92 seismic stations, 35 of which are stationary.

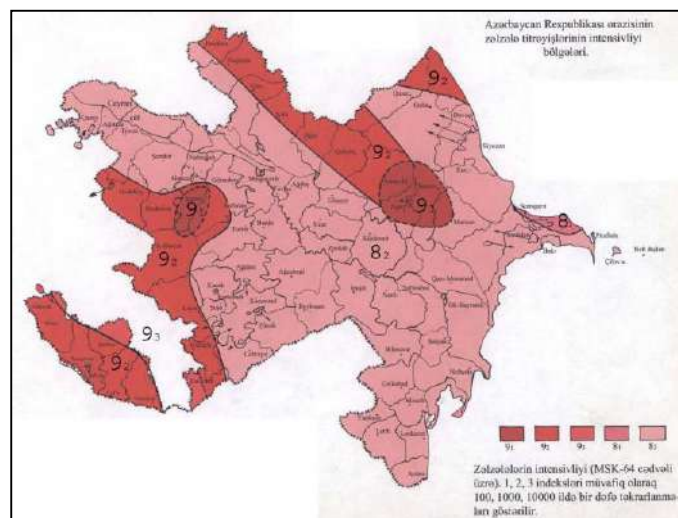
The earthquake of November 25, 2000 caused serious damage in the capital city of Baku, so it became a research object for seismologists and civil engineers.

The earthquake manifested itself in the form of 2 shocks, the time between shocks was 1.5 minutes, the magnitudes were  $M_{pv}=6.2$  and  $M_{pv}=6.4$ , respectively, and the depth  $h=30-35$  km. As a result of the earthquake, a total of 7350 buildings were damaged in the territory of the republic, 34 houses were partially destroyed.

Mainly, 1-3-story houses built at the beginning of the last century were damaged and destroyed, high-rise large-panel and frame buildings built 30-40 years ago were slightly damaged, 23 people lost their lives [3].

Unfortunately, the records of this earthquake overlapped on the seismogram and experts could not study it extensively.

From this point of view, in such a seismoactive zone, ensuring that people can continue their life activities without problems and losses, and buildings and facilities without serious damage, is one of the important issues facing seismologists and builders, and is the basis for designing earthquake-resistant buildings. To achieve this goal, civil engineers must have accurate seismological data reflecting the seismicity of the area. That is, as we know, the effectiveness of earthquake-resistant construction is largely determined by correct forecasting and taking into account possible seismic effects and the additional seismic loads caused by them on buildings and structures. And these tasks are taken into account in regulatory documents. From this point of view, I want to note that, until now, the Temporary Seismic Zoning map of the Republic of Azerbaijan (TSZ-89) is used in the assessment of the seismic hazard of the territory of Azerbaijan (fig.4). Certain changes were made to this map by the State Urban Planning and Architecture Committee in 1991 year. The map is drawn according to the intensity parameter based on the MSK-64 seismic scale. As the name suggests, the map is temporarily prepared and needs to be prepared on the basis of parameters (pga, pgv, pgd and etc.) that meet modern requirements and are of interest to construction professionals.



**Figure 4.** Temporary Seismic Zoning map of the Republic of Azerbaijan (TSZ-89) [3]

Observations show that in ensuring the earthquake resistance of the building, it is necessary to take a complex approach to the issue and solve complex issues, not by looking at it from one perspective, that is, not only by making engineering calculations.

As we know, consequences of the earthquakes depends on the intensity of seismic waves reaching the surface, the duration of seismic vibrations and their spectral composition, on the design features of buildings, the type and condition of the foundation soil. In this regard, when considering the results of earthquakes (16 June 1964 year Niigata earthquake, 17 August 1999 year Kocaeli earthquake and etc.) in recent decades, one of the most striking points is that buildings of the same type, built in close proximity to each other, behave differently. This should be explained in connection with local engineering-geological issues. From this, we can conclude that it is not correct to calculate and design buildings located close to each other according to the same geological conditions based on the close distance, and geological and geophysical exploration should be carried out to study the engineering-geological conditions for each building.



**Figure 5.** Kocaeli earthquake, 17 August 1999 year [3]

One of the main issues that should be solved by Azerbaijani seismologists and builders is bringing the currently used building code Az.DTN 2.3-1 to a level that meets modern requirements. Here, in particular, one can note the importance of determining the dynamic coefficient  $\beta_i$  from the response spectrum using acceleration records of real earthquakes.

### Conclusion

1. According to the of epicenters map of strong earthquakes (with  $M \geq 5$ ) that occurred on the territory of the republic for the period 427-2022 years, it can be said that the territory of Azerbaijan is characterized by high seismicity and strong earthquakes occurred mainly due to longitudinal deep faults.
2. The building code Az. DTN 2.3-1 and TSM-89 map does not meet modern requirements and it is important to update it.

### References

1. The Fond of Republican Seismic Survey Center of Azerbaijan National Academy of Sciences. 2012
2. Hasanov, A.H. Perceptible Earthquakes in Azerbaijan 1983- 2002 years. Republican Seismic Survey Center of Azerbaijan National Academy of Sciences. Elm. Baku. 2003
3. Yetirmishli G.D., Garavaliyev E.S. Seismicity of the territory of Azerbaijan during the last 11 years 2003-2014. ARMNSQHA National security and military sciences. Scientific- practical journal N1. 222-227p. 2015

*Məqaləyə istinad: Qaravəliyev E.S Binaların zəlzələyə davamlılığında seysmoloji məsələlər (Azərbaycanda nümunə kimi). Elmi Əsərlər/Scientific works, AzMİU, s. 109-112, N2, 2023*

*For citation: Garavaliyev E.S. Seismological issues in the earthquake resistance of buildings (as an example in Azerbaijan). Elmi Əsərlər/Scientific works, AzUAC, p. 109-112, N2, 2023*

***Məqalə INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES (AERS2023) adlı konfrans materialıdır.***



## ZƏLZƏLƏYƏDAVAMLIQ SAHƏSİNDƏ NORMATİV SƏNƏDLƏRİN İŞLƏNİLMƏSİ İLƏ BAĞLI BƏZİ MƏSƏLƏLƏR HAQQINDA

**Qarayev Abdü Nazim oğlu**- t.ü.f.d., Azərbaycan İnşaat və Memarlıq Elmi- Tədqiqat İnstitutunun direktoru, azimeti@arxkom.gov.az

**Canmirzəyev Ağamirzə Ağababa oğlu**- Azərbaycan Respublikası Dövlət Şəhərsalma və Arxitektura Komitəsinin Texniki normalar və lisenziya şöbəsinin müdiri

**Xülasə.** Azərbaycanın seysmik rayonlaşdırma xəritəsi seysmik təhlükəliliyin ehtimal qiymətləndirilməsi metodu əsasında işlənmişdir. Seysmik təhlükəliliyin ehtimal qiymətləndirilməsi metodunun zəif tərəflərindən biri ərazinin seysmik şəraitinin xüsusiyyətlərinin nəzərə alınmamasıdır. Azərbaycanın seysmik rayonlaşdırma xəritəsi seysmik təhlükəliliyin ehtimal qiymətləndirilməsi metodu əsasında işlənmişdir. Seysmik təhlükəliliyin ehtimal qiymətləndirilməsi metodunun zəif tərəflərindən biri ərazinin seysmik şəraitinin xüsusiyyətlərinin nəzərə alınmamasıdır. Xəritədə zəlzələlərin 100, 1000 və 10000 ildən bir təkrarlanması prinsipi əsas tutularaq seysmik bal 1, 2 və 3 indeksləri ilə göstərilir. aparılan elmi-tədqiqat işlərinin nəticələri əsasında qüvvədə olan normativ sənədlərin yenidən işlənilərək aktuallaşdırılması yolu ilə Azərbaycan Respublikasının şəhərsalma və tikintiyə dair normativ sənədlər sisteminin formalaşdırılması işləri davam etdirilir.

**Açar sözlər:** seysmik zona, zəlzələyədavamlılıq, normativ sənədlər, seysmik yük

**Giriş.** Məlum olduğu kimi, Azərbaycan Respublikası aktiv seysmik zonada yerləşir və seysmik risklərdən sığortalanmayıb. Tarixi faktlar göstərir ki, Azərbaycanda güclü, fəlakətli zəlzələlər baş vermişdir. 1139 və 1235-ci illərdə Gəncə, 1192, 1667, 1859 və 1902 illərdə Şamaxı zəlzələlərində adı çəkilən şəhərlər tamam dağılmış və sonradan yenidən tikilmişdir. Son illərdə baş verən İsmayilli (1981), Ağdaş (1998), Bakı (2000) Zaqatala (2012) Bərdə (2017) zəlzələləri bina və tikililərdə ciddi zədələrin yaranmasına səbəb olmuş və bir sıra hallarda isə binaların dağılmasına gətirib çıxarmışdır.

Ölkəmizdə baş verə biləcək zəlzələlərin nəticələrinin minimuma endirilməsi, bina və qurğuların (bundan sonra - binalar) seymik qüvvələrin təsirlərinə qarşı dayanıqlı olması və dağılıb uçmaması üçün beynəlxalq təcrübənin nəzərə alınması və etibarlı layihələndirilmə norma və qaydaların işlənməsi Azərbaycan Respublikası Dövlət Şəhərsalma və Arxitektura Komitəsinin (bundan sonra – Komitə) daimi diqqət mərkəzindədir.

Dağıdıcı zəlzələlərin nəticələri əsasında ABŞ Geologiya Cəmiyyətinin üzvü, seysmoloq Pol Erlinin işlətdiyi “insanları zəlzələlər yox, binalar öldürür” ifadəsi 2023-cü il fevral ayının 6-da qardaş Türkiyədə baş vermiş maqnitudası 7,7 və 7,6 olan iki zəlzələdən sonra insanların dilində daha tez-tez səslənir. Seysmik təkanlar nəticəsində minlərlə bina dağılmışdır. Dağıntılar altında on minlərlə insan həlak olmuş və yaralanmışdır. Zəlzələ Türkiyəyə qonşu Suriyada da böyük dağıntılara və insan tələfatına səbəb olmuşdur. Bu zəlzələ etibarlı normativ sənədlərin işlənilməsinin və təkmilləşdirilməsinin nə qədər aktual olduğunu bir daha göstərir. Etibarlı layihələndirilmə norma və qaydaları ilə tikilmiş binalar zəlzələlərdə əhalinin həyat və sağlamlığına təsir göstərə biləcək təhlükələrin, həmçinin ölkəyə dəyə biləcək külli miqdarda ziyanların qarşısının alınmasına imkan yaradır.

Azərbaycanda seysmik təsirlərə qarşı ilk norma sənədləri 1950-ci illərin sonu - -1960-cı illərin əvvəllərindən tətbiq edilməyə başlamışdır. Respublikamızın ərazisinin seysmikliyi 6 – 7 balla qiymətləndirilmişdir. Sonradan 1981-ci il İsmayilli və 1989-cu il Spitak zəlzələlərindən sonra seysmik ballıq hər dəfə bir bal artırılmışdır.

Ölkəmiz müstəqilliyinə qovuşduqdan sonra ilk dəfə olaraq 2010-cu il fevral ayının 1-dən AzDTN 2.3-1 “Seysmik rayonlarda tikinti” (bundan sonra – AzDTN 2.3-1) normativ sənədi Komitə tərəfindən Respublika ərazisində qüvvəyə mindirilmişdir. AzDTN 2.3-1 sənədi ölkəmizin qabaqcıl mütəxəssislərinin iştirakı ilə Komitənin tabeliyində olan Azərbaycan İnşaat və Memarlıq Elmi-Tədqiqat İnstitutu (AzİMETİ) tərəfindən işlənmişdir. Yeni normativ sənəddə Azərbaycanın seysmik rayonlaşdırma xəritəsi Sovet dövründə qəbul edilmiş SR-78 seysmik rayonlaşdırma xəritəsi saxlanılmışdır.

Azərbaycanın seysmik rayonlaşdırma xəritəsi seysmik təhlükəliliyin ehtimal qiymətləndirilməsi metodu əsasında işlənmişdir. Seysmik təhlükəliliyin ehtimal qiymətləndirilməsi metodunun zəif tərəflərindən biri ərazinin seysmik şəraitinin xüsusiyyətlərinin nəzərə alınmamasıdır. Xəritədə zəlzələlərin 100, 1000 və 10000 ildən bir təkrarlanması prinsipi əsas tutularaq seysmik bal 1, 2 və 3 indeksləri ilə göstərilir. Təcrübələr göstərir ki, zəlzələlərin təkrarlanma ehtimalı heç də özünü doğrultmur və bu təhlükəli risklərə yol açır. Hər hansı zəlzələ baş verdikdən sonra onun 100, 1000 və 10000 ildən bir təkrarlanmasını gözləmək məntiqə sığmır. Zəlzələlərin baş verəcəyi vaxtının təyin edilməsi mümkün deyildir.

Seysmik rayonlaşdırma xəritələrində ərazilərin seysmik xüsusiyyətlərinə uyğun zonalara bölünməsi şərti aparılır və bir sıra hallarda zəlzələdən qruntlarda yaranan seysmik təcil xəritədə göstərilən zonanın uyğun təcilindən 1.5 – 2.0 dəfə çox olur. Bunun nəticəsində norma ilə layihələndirilmiş binalar realda yaranan seysmik yüklərin təsirinə dayanıqsız olur. Türkiyə zəlzələsi zamanı yaranan qruntların seysmik təcilinin ( $740 \text{ sm/s}^2$ ) qiymətinin zəlzələ zonasına uyğun göstərilən təcildən ( $400 \text{ sm/s}^2$ ) böyük olması bir nümunədir.

Seysmik rayonlaşdırma xəritəsində ərazilərin seysmik şəraiti qiymətləndirilməklə seysmik zonalara bölünməsi zəlzələ zamanı qruntlarda yaranan seysmik təcilin qiymətinə uyğun aparılması məqsədəuyğundur.

Respublikamızın ərazisi əsasən seysmik ballığı 8 və 9 olan ərazi zonalarına bölünür. Seysmik rayonlaşdırma xəritəsində mövcud olan çatışmazlıqlar nəzərə alınaraq AzDTN 2.3-1 sənədi keçmiş SSRI-nin SNiP (СНП) II-7-81\* “Seysmik rayonlarda tikinti” normativ sənədi əsasında fərqli dəyişikliklər edilməklə işlənmişdir. AzDTN 2.3-1 sənədində öyrənilməmiş ərazilərdə seysmikliyi 7 və 10 bal ola biləcək rayonlar nəzərə alınaraq 7, 8, 9 və 10 ballıq seysmik rayonların təcil əmsallarının qiyməti artırılmış və uyğun olaraq 0.125; 0.25; 0.5 və 1.0 qəbul edilmişdir. SNiP (СНП) II-7-81\* normativ sənədində 7, 8 və 9 ballıq seysmik rayonlar üçün bu əmsalın qiyməti uyğun olaraq 0.1; 0.2 və 0.4-dür.

Binaların zəlzələyədavamlılığı bilavasitə ərazinin qrunտ şəraitindən və binaların seysmik yüklərə hesablanması metodlarından, konstruktiv tələblərdən asılı olduğu nəzərə alınaraq AzDTN 2.3-1-də aşağıdakı dəyişikliklər aparılmışdır:

- ərazidə yerləşən qruntlar seysmik xüsusiyyətlərinə görə dörd sinifə bölünmüşdür. Qruntların sinifləri bina tikilən sahədə 30 m dərinliyə qədər yerləşən qruntlarda eninə seysmik dalğanın yayılma sürətinə və ştamplama testinə uyğun təyin olunur. SNiP (СНП) II-7-81\* normativ sənədində isə qruntlar seysmik xüsusiyyətlərinə görə üç sinifə bölünmüş və siniflər təyin edilərkən onların yalnız fiziki – mexaniki xüsusiyyətləri əsas götürülmüşdür;

- bina tikilən ərazinin qruntlarının fiziki – mexaniki xüsusiyyətlərini dəyişməklə seysmik ballığın dəyişdirilməsinin yol verilməz olduğu tələbi öz əksini tapmışdır;

- seysmik təsirlərə qarşı hündür binaların dayanıqlı layihələndirilməsi həllərindən biri kimi seysmiki yükün müəyyən edilməsi düsturuna binanın mərtəbə sayını nəzərə alan əmsal daxil edilmişdir;

- seysmik yüklər təyin edilərkən dinamiklik əmsalının qiymətinin tapılması düsturları yenidən işlənmişdir. Dinamiklik əmsalının qiymətinin tapılması düsturlarının işlənilməsi Türkiyə, Rusiya normalarının və Avrokodların tələblərinin müqayisəli təhlili əsasında yerinə yetirilmişdir;

- layihələndirilən binaların hesablanmasında və konstruktiv həllərin seçilməsində yeni tələblərdən biri hündürlüyü 75 m-dən böyük və mərtəbəliliyi 16-dan çox olan, həmçinin yüksək məsuliyyətli binaların zəlzələ akseleroqramları əsasında iki müxtəlif hesablama programında hesablanması və müqayisəli təhlil əsasında daha etibarlı göstəricilərə uyğun layihələndirilməsi tələbidir;

- normaya binaların uzunluğunun onun eninə nisbəti, binanın planda çıxıntılarının məhdudlaşdırılması, yükdaşıyan elementlərinin en kəsiklərinin seçilməsində konstruktiv tələblər daxil edilmişdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, binaların seysmik qüvvələrə qarşı dayanıqlılığının təmin olunmasında seysmomüdfiə sistemlərinin istifadəsi çox səmərəlidir. Seysmomüdfiə sistemlərinin ilk növbədə xəstəxana, məktəbə qədər təhsil müəssisələri, məktəb, qocalar evi yerləşən və s. məsul binalarda tətbiqinin məcburi olması məqsədəuyğun sayılmalıdır. Lakin bu sahədə tələblər qüvvədə olan normativ sənədlərdə öz əksini tapmamışdır.

2024-cü ildə təkmilləşdirilməsi planlaşdırılan AzDTN 2.3-1 layihələndirmə norma və qaydalarında yuxarıda qeyd olunan problemlər və dəyişikliklər beynəlxalq təcrübə nəzərə alınaraq öz həllini tapacaqdır.

Həmçinin qeyd etmək lazımdır ki, “Azərbaycan Respublikasının Şəhərsalma və Tikinti Məcəlləsinin təsdiq edilməsi, qüvvəyə minməsi və bununla bağlı hüquqi tənzimləmə haqqında” Azərbaycan Respublikasının 2012-ci il 29 iyun tarixli 392-IVQ nömrəli Qanununun tətbiqi barədə Azərbaycan Respublikası Prezidentinin 2012-ci il 4 sentyabr tarixli 199 nömrəli Fərmanının 4.3. bəndinə və “Şəhərsalma fəaliyyətini tənzimləyən norma və qaydaların təkmilləşdirilməsi” haqqında Azərbaycan Respublikası Nazirlər Kabinetinin 18 sentyabr 2008-ci il tarixli 217 nömrəli Qərarına əsasən Komitə bina və qurğuların layihələndirməsi sahəsini tənzimləyən normativ sənədlərin hazırlanması və qəbul edilməsini həyata keçirir.

Komitənin normayaratma fəaliyyəti ilə bağlı görülən işlər çərçivəsində beynəlxalq təcrübə nəzərə alınmaqla tikinti obyektlərinin mexaniki təhlükəsizliyinin və dayanıqlılığının təmin edilməsi məsələlərini tənzimləyən normativ-texniki sənədlərin aktuallaşdırılmasına xüsusi diqqət verilmişdir. Bunlara misal olaraq AzDTN 2.1-1 “Yüklər və təsirlər”; AzDTN 2.15-1 “Bina və qurğuların qrunut əsasları”; AzDTN 2.15-2 “Svay bünövrələri. Layihələndirmə normaları”; AzDTN 2.16-1 “Beton və dəmir-beton konstruksiyaları. Layihələndirmə normaları”; AzDTN 2.18-1 “Polad konstruksiyaları. Layihələndirmə normaları”; AzDTN 2.17-1– Daş və armaturlanmış daş konstruksiyaları. Layihələndirmə normaları və s. normativ sənədləri qeyd etmək olar.

Yeni normativ sənədlər hazırlanarkən öz texniki tələblərinə görə qabaqcıl təcrübəyə malik digər ölkələrin bu sahəyə aid normativ sənədlərin tələblərinə uyğunlaşdırılmasına və inşaat materialları, məmulatları və konstruksiyalarının fiziki-mexaniki, termotexniki və keyfiyyət xarakteristikalarının yüksəldilməsinə xüsusilə diqqət yetirilir.

Binaların dayanıqlılığının artırılması məqsədi ilə Komitənin sifarişi əsasında AzİMETİ-də yeni rezin metal dayaq yastıqlı seysmomüdfiə sisteminin laborator sınaqları aparılır. Bu seysmomüdfiə sistemin üzərində tikilən binalara təsir edən seysmik yüklərin qiymətinin azaldılması nəzərdə tutulur. Hal-hazırda seysmik yükün təyin edilməsi metodikasının təkmilləşdirilməsi və bu növ seysmomüdfiə sisteminin layihələndirilməsi və tikintidə tətbiqinə dair tövsiyələrin işlənilməsi üzərində iş davam etdirilir.

**Nəticə.** Hazırda dünyada baş verən sürətli texniki tərəqqi, iqtisadi və ictimai münasibətlərdəki dəyişikliklər, yeni texnologiyalar və s. normativ-texniki sənədlərin daimi olaraq yenilənməsini və təkmilləşdirilməsini tələb etdiyini nəzərə alaraq respublikamızın sosial, iqtisadi, təbii-iqlim, seysmik və milli məişət şərtləri, müasir tikinti materialları və texnologiyalar nəzərə alınmaqla yeni normativ sənədlərinin hazırlanıb qəbul edilməsi və eyni zamanda, aparılan elmi-tədqiqat işlərinin nəticələri əsasında qüvvədə olan normativ sənədlərin yenidən işlənilərək aktuallaşdırılması yolu ilə Azərbaycan Respublikasının şəhərsalma və tikintiyə dair normativ sənədlər sisteminin formalaşdırılması işləri davam etdirilir.

**Ədəbiyyat**

1. Azərbaycan Respublikasının Tikinti Normativ Sənədləri Sistemi, Azərbaycan Respublikasının Dövlət Tikinti Normaları, Seysmik rayonlarda tikinti. Azərbaycan Respublikası Dövlət Şəhərsalma və arxitektura şöbəsi (AzDTN 2.3-1), Bakı, 2009
2. Seyfullayev X.Q., A.N.Qarayev Dəmir-beton elementlərinin hesablanması yeni nəzəri əsasları, Azərbaycan Memarlıq və Elmi- Tədqiqat İnstitutu, Bakı, 2021
3. Kasımzade A.A, Şafak E., Ventura E. C., Naeim F., Mukai Y., Seismic Isolation, Structural Health Monitoring, and Performance Based Seismic Design in Earthquake Engineering: Recent Developments, Springer, p.364, 2018, ISBN: 978- 3-319-93156-2. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-93157-9>
- 4.Kasımzade, A.A., Tuhta, S. Application of OMA on the bench-scale earthquake simulator using micro tremor. Structural Engineering and Mechanics, 2, 61,1, 267-274. 2017
5. Kasımzade, A.A., Tuhta, S. OMA of model steel structure retrofitted with CFRP using earthquake simulator. Earthquakes and Structures, 6, 12, 6, 689-697. 2017

**References**

1. Azərbaycan Respublikasının Tikinti Normativ Sənədləri Sistemi, Azərbaycan Respublikasının Dövlət Tikinti Normaları, Seysmik rayonlarda tikinti. Azərbaycan Respublikası Dövlət Şəhərsalma və arxitektura şöbəsi (AzDTN 2.3-1), Bakı, 2009
2. Seyfullayev X.Q., A.N.Qarayev Dəmir-beton elementlərinin hesablanması yeni nəzəri əsasları, Azərbaycan Memarlıq və Elmi- Tədqiqat İnstitutu, Bakı, 2021
3. Kasımzade A.A, Şafak E., Ventura E. C., Naeim F., Mukai Y., Seismic Isolation, Structural Health Monitoring, and Performance Based Seismic Design in Earthquake Engineering: Recent Developments, Springer, p.364, 2018, ISBN:978-3-319-93156-2. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-93157-9>
- 4.Kasımzade, A.A., Tuhta, S. Application of OMA on the bench-scale earthquake simulator using micro tremor. Structural Engineering and Mechanics, 2, 61,1, 267-274. 2017
5. Kasımzade, A.A., Tuhta, S. OMA of model steel structure retrofitted with CFRP using earthquake simulator. Earthquakes and Structures, 6, 12, 6, 689-697. 2017

*Məqaləyə istinad: Qarayev A.N., Canmirzəyev A.A Zəlzələ davamlıq sahəsində normativ sənədlərin işlənilməsi ilə bağlı bəzi məsələlər haqqında. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzMIU, s. 113-116, N2, 2023*  
*For citation: Garayev A.N., Janmirzayev A.A On some issues related to the development of regulatory documents in the field of earthquake resistance. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzUAC, p. 113-116, N2, 2023*

***Məqalə INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES (AERS2023) adlı konfrans materialıdır.***

<http://doi.org/1058225/sw.2023.2-117-122>

## THE ROLE OF GEODESY MEASUREMENTS IN THE FORECAST OF EARTHQUAKES

**Ganiyeva Sachli Abdulkhag-** PhD in phy and math sc., ass.prof., Department of Geomatics, AzUAC, sachli.ganiyeva@azmiu.edu.az

**Jabiyeva Telli Elshad-** assistant, Department of Geomatics, AZMIU, jabiyeva telli@azmiu.edu.az

**Abstract.** Earthquakes take one of the first place among other natural disasters for destructive results, the number of victims, material damage and human environment. The sudden revelation of earthquakes increases their destructive effects. The death of people is caused not only by the earthquake, but also by various secondary natural phenomena activated by the earthquake (creeping, subsidence, volcanoes, avalanches, etc.). Secondary man-made effects create great dangers (release of fires, explosions, radioactive and toxic materials). Very often, the primary damage and loss during the earthquakes is associated with secondary events. Properly organized precision geodetic work can greatly contribute to the complex solution of earthquake planning by providing information about the tectonic deformations of large areas of land resources without planning. At present, such information can be obtained both from the analysis of repeated measurements in the astronomical geodetic network, and based on the high-precision level network available in the territory of Azerbaijan, as well as from repeated measurement cycles in geodynamic polygons.

**Keywords:** types of earthquake, earthquake magnitude, earthquake forecasting, geodesy measurements

**Introduction.** Under the influence of tectonic forces generated during mobility in the lithosphere layer, sudden movements occur along fault lines in certain periods, and the vibrations caused by these sudden movements spread throughout the lithosphere and cause destructive earthquakes. It is not possible to predict or delay the earthquake with today's technology (Allen, 2003). It is known that the temperature increases to the depths of the earth. The forces formed in the asthenosphere, especially in the expense of convection currents, the stone peel is broken and divided into many "plates".

There are currently up to 10 large and many small plates. Together with the continents located on these plates, they move in the asthenosphere at a speed that cannot be felt by humans.

The borders where the plates rubbed each other, crossed each other and they go under each other are the places where the earthquakes occur in the world. The movement occurs when the fracture force is exceeded between the pushing slab and another plate. This action occurs in a very short time and is shocking. Finally, the earthquake waves are emerging until distances. At this time, territorial cracks, sometimes visible to the naked eye, stretching for kilometers and called faults are formed on the earth. These fractures are sometimes not visible on the ground and can be hidden by surface layers. It can also be noted that the two separate blocks formed as a result of breaking move to the right or left relative to each other which is an example of right- or left-lateral strike-slip faults. Sliding breaks have the potential to create high intensity (destructive) earthquakes (Balkaransingh 2001, Dempsey 2012). Most breakings may have both horizontal and vertical motion.

**Types of earthquakes.** There may be different types of reasons for earthquakes. Although most earthquakes (90% of the earthquakes) occur above (tectonic earthquakes), there are types of earthquakes that occur in small amounts of other natural reasons. Earthquakes resulting from the movement of the plates are usually described as tectonic earthquakes, and these earthquakes occur in the boundaries of more tiles (Fabrizio 2022).

Second type earthquakes are volcanic earthquakes. These are formed as a result of the eruption of volcanoes. It is known that such earthquakes occur by the explosion of gases formed as a result of physical and chemical events during the eruption of melted material in the depths of the earth. These earthquakes do not seriously damage because they are related to volcanoes. Some of the earthquakes in Japan and Italy belong to this group. Such earthquakes do not occur in Turkey, because there are no active volcanoes there (Bouchon 2002). In Azerbaijan, mainly mud volcanoes are the majority (more than 220 mud volcanoes). The biggest of them are Galmas, Toragay, Beyuk Kenizdag, etc. volcanoes. As a result of scientific research and studies, it has been learned that strong earthquakes with a magnitude of 4-5 or more cause the eruption of mud volcanoes, that means, if the center of the volcano is located in the same fault zone as the hypocenter of the earthquake or the distance between the earthquake and the volcano is within a radius of 70-80 km, then the earthquake will cause the volcano eruption (Kahraman 2017). In addition, during the "preparation" period of the earthquake, the activation of volcanoes and the high percentage of some chemical elements in the gas and mineral water that they release to the surface are monitored. This can tell us about the occurrence of the earthquake [1].

Another type of earthquakes are earthquakes caused by subsidence. They are formed as a result of the collapse of the ceiling block caused by melting in underground cavities (caves), coal mines, salt and gypsum areas. Meteorites from large shifts and meteorites falling from the sky are also known to cause small boosts (Shishikura 2003).

When an earthquake occurs, the following earthquake parameters can be viewed for its description and characteristics:

- Focus point (Hiposantr): The earthquake is the point where the energy is on the ground. This point is also called the centerpiece or the internal center. In fact, this is not the point, but an area where the energy has occurred, but is regarded as a point in practical applications.

- Foreign center (Episantr): It is the area where an earthquake causes the most damage and loss or is felt most strongly.

- Focus depth: The shortest distance from the ground to the point where the energy was separated from the ground is called the depth of the earthquake. Earthquakes can be classified according to the depth of focus. This classification is valid for tectonic earthquakes. Earthquakes occurring at a depth of 0-60 km are characterized as shallow earthquakes. Earthquakes at a depth of 70-300 km from the ground are earthquakes in medium-depth. Deep earthquakes are earthquakes at a depth of 300 km. Shallow earthquakes cause greater damage and loss.

- Farifier earthquake (Foreshock): They are small tremors (waves) that occur seconds, hours, or weeks before a larger earthquake or mainshock and occur at or near the rupture zone of a larger earthquake.

2.1. *Wave types.* "P" Wave: This is the first seismic wave to reach the receivers. Its speed varies between 1.5 and 8 km/s depending on the structure of the earth's crust. Movements of particles are in the direction of spreading (longitudinal wave) and destructive effects. Paves are pressure / initial waves (Pressure / Primary Waves), longitudinal or compression waves. Earthquake waves are mechanical waves and are the same as sound waves. Sound wave speed: in the air-330 m / s, in water-1450 m / s, iron-5000 m / s, granite-5000 m / s (5 kilometers per second) [2,3].

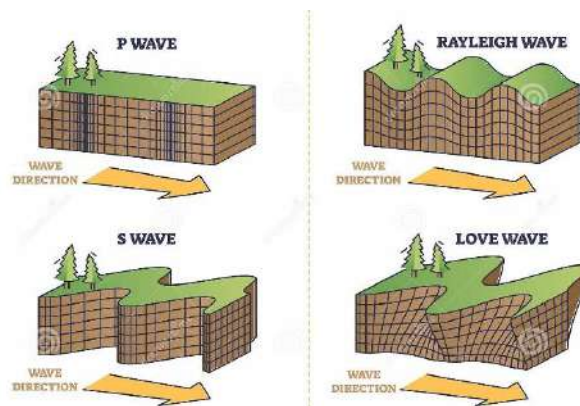


Figure 1. Wave Types [3]

"S" wave: Seismic wave that reaches the second to receivers. Its speed is from 60% to 70% of the speed of the "P" wave. The movement of particles is perpendicular or transverse (transverse wave) and destructive effects. The waves of waves consist of from the transverse waves (Shear Waves, Transverse Waves) and Surface Waves (Surface Waves, Rayleigh-Love) and are also known as secondary waves (Secondary Waves). Saves occur in solid environments. The amplitude of the waves of waves is much larger than the amplitudes of p waves. Surface waves are slower and longer term destructive waves in large amplitude. As Rayleigh and Love waves are divided into two places. Love waves move back and forth in the direction they travel (fig. 1). Rayleigh waves, on the other hand, are in circular motion, meaning that they move backward as the waves move forward (Ying Zhou 2022) [4,5].

### 2.2. Earthquake Severity and Magnitude.

The difference between magnitude and intensity is that magnitude is a measure of the energy released at the source of the earthquake; intensity is the measure of the impact of this earthquake on buildings and people.

The magnitude of the earthquake characterizes the intensity of the land shaking during the earthquake (sometimes the intensity of the earthquake"). The magnitude of the earthquake characterizes the overall energy

of the seismic vibrations of the earth's surface. The magnitude is defined as the logarithm of the maximum amplitude of the maximum amplitude of the waves of the defined earthquake (Andrzej 2004).

The impact of the earthquake to the earth is determined as the severity of the earthquake. In other words, the violence of the earthquake is the size of its effects, nature and people.

**Earthquake prediction by geodetic methods.** Natural events, including earthquakes are also inevitable. They cannot be avoided, but it is possible and important to reduce their destructive effect. For this, it is necessary to know the causes of earthquakes, to study the processes related to their formation and occurrence, and to develop methods for predicting these events. The forecast of the earthquake is understood to determine the location, time and strength of the earthquake. According to the time, the forecast is divided into long-term (for decades ahead), medium-term (years ahead), short-term (months-months ahead) and operational (minutes-hours ahead). It should be noted that this division is quite conditional. Each stage of the forecast is based on a certain set of data, that is, geophysical phenomena that precede and inform the earthquake [6-8].

We can list the contribution and responsibilities to earthquake research as follows (Prawirodirdjo 2010, Riguzzi 2012): In previous research:

- Collection of three-dimensional (3D) territorial information with high-precision and detection of changes in the area over time;
- Development and update of breaking (Fay) maps;
- Determination of geodynamic events (polar mobility, the speed of rotation of the earth);
- Determination of the gravitational area of the earth;
- Study of volcanic activities, tectonics and movements of the earth crust;
- Connection of various sources (geodetic, geological, geophysical, seismic, etc.) in the geographical information system. This research is determined and necessary to implement the correct solutions in long-term research (shelter, repair, etc.) to provide effective and rapid intervention (transport, communications, rescue, etc.), immediately after the earthquake.
- In post- earthquake research:
- research on damage and damage;
- Determination of deformations of engineering structures such as roads, bridges, dams and buildings;
- repair and strengthening damaged structures, restructuring if necessary;
- Repair of damaged geodetic infrastructure;
- The use of this model in possible cadastral work to create a deformation model of Earth and earthquake.

The exact concern is the important practical problem, as well as the establishment of a number of scientific tasks in the whole area of the country, as well as the identification of the earth's figure with the gravimetric data, determining the differences between the seas and the oceans.

Recurring high-precision geodetic measurements allow the movement of continental slabs in the upper mantle of the Earth, the movements of the ground crust, the global and regional tectonic processes expressed in large-scale dimensions of the earth. According to the results of re-geodetic measurements, the Earth's crust has always been exposed to deformation processes (Feigl 2006, Okamoto 2002). Geodesy measurements help determine the degree of activity of separate tectonic breakers, which is important for seismic zoning of the regions.

The analysis of the results of repeated geodetic measurements allows to study the nature of the deformation of the earth's surface, which is the extraction of minerals from the depths of the Earth or the construction of complex engineering structures, the creation of water reservoirs, canals, etc. It occurs as a result of tectonic and man-made activity as a result of human intervention [8].

At present, the method of high-precision geometric leveling, based on the results of systematic repeated measurements, is widely used to detect vertical movements of the Earth's crust. The high-precision geodetic base of our country consists of I, II, III and IV classrooms. The length of the first-scale nuclear lines, which organized a high-precision speech network of polygons, about 600-800 km, and the length of the II classrooms is about 500-600 km. The network of warehouses complies with the requirements and recommendations of the International Geodetic Association in terms of measurement, uniformity and violence. The forecast of earthquakes with the geodetic measurement method has been repeatedly confirmed. For example, before the earthquake, I leveling was carried out on the line for 2 months, immediately after the earthquake, re-leveling was carried out and it was found that the earthquake process raised the area by 1.2 m. Modern vertical movement rates of the Earth's crust (mm/year) are calculated by the following formula:

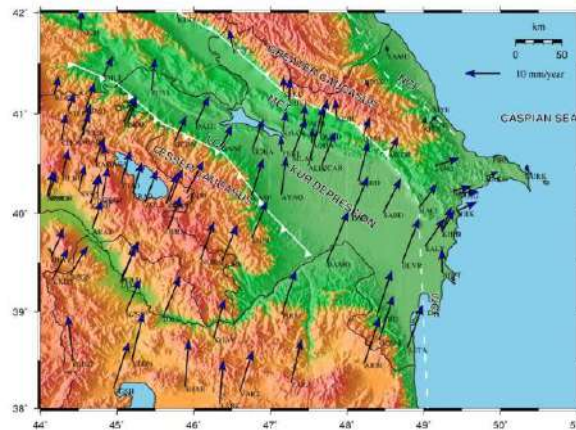
$$\Delta V = (h_1 - h_2) / \Delta T, \quad (1)$$

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

Here, in  $h_2$  and  $h_1$  - in  $T_2$  and  $T_1$  (years) are excessive between adjacent level signs (mm/year).  $\Delta T$  is the time interval between repeated measurements (for years).

Despite the development of technology, it is impossible to control the tectonic plate and blocks. However, through GPS stations, it is possible to identify risky areas by observing their direction of movement and changes over the years. At present, there are 32 GPS stations that observe the main tectonic blocks in Azerbaijan. However, taking into account the active fault zones and the movement of blocks, the number of GPS stations needs to be increased by 2-3 times. (Delouis 2010).

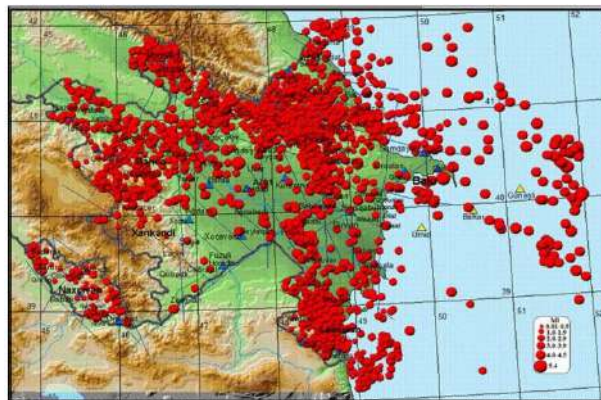
According to the results of numerous geodesy measurements, it was determined that the largest mobility in Azerbaijan is observed in the southern block (about 13 millimeters a year) (fig. 2).



**Figure 2.** Mobility of tectonic blocks over the years [8]

Azerbaijan is considered as an "earthquake zone" because of a seismological point of view at the intersection of Arabia and Eurasian tectonic tiles. Earthquakes registered in Azerbaijan are mainly due to the flood of tectonic plates and blocks. However, earthquake risks also arise as an anthropological - that is the result of human activities. Anthropological impacts include deep development of oil and gas fields, drilling oil wells, as well as non-professional development of groundwater and reservoirs and other factors. There are 5 active zones in Azerbaijan (fig. 3) [9]:

- Southern slope of the Greater Caucasus Mountains (Shamakhi, Ismayilli, Gabala, Sheki, Zagatala zone)
- The northern slab of the Lesser Caucasus Mountains (Karabakh, Mingachevir, Ganja, Shamkir zone)
- Talysh mountains area
- Guba- Khachmaz region
- Caspian Sea



**Figure 3.** Seismic active areas in Azerbaijan [9]



Terrible earthquakes have happened many times in Azerbaijan at different times. The 10 largest earthquakes in Azerbaijan according to their magnitude:

1. Ganja earthquake– in 1139 magnitude of 6.3. As a result of a strong shock, the Kepaz mountain flew and blocked the Agsu river, and Goygol, Maralgol, Jeyrangol, Ordekgol, Zalugolu, Akgol, Karagol and Shamlıgol were formed. According to some sources, 230 thousand and according to another sources 300 thousand people died.
2. Shamakhi earthquake– in 1667 magnitude of 6.9. 80 thousand people died as a result of the earthquake. This earthquake is considered as the most terrible earthquake in the history of Azerbaijan.
3. Shamakhi earthquake– in 1669 magnitude of 5.7. As a result of the earthquake 7,000 people died.
4. Shamakhi earthquake– in 1828 magnitude of 5.7. There is no information about the dead and injured.
5. Shamakhi - in 1859 magnitude of 5.9. As a result of the earthquake, the city of Shamakhi was completely destroyed, so the center of Shamakhi Governorate was moved to Baku and the name of the governorate was also updated - Baku Governorate. 100 people died as a result of the earthquake. The power of this earthquake was so great that after this the expression of "As Shamakhi sank" was born.
6. Shamakhi earthquake– in 1872 magnitude of 5.7. The earthquake caused destruction in the city.
7. Shamakhi earthquake– in 1902 magnitude of 6.9. During the earthquake, more than 2,000 people were killed and thousands were injured, and up to 20,000 people were left homeless, at the same time 4,000 residential houses, 8 ancient mosques, 40 ancient eastern baths, bazaar, shops were destroyed.
8. Agdash– in 1999 magnitude of 5.4. Although there were no losses of the earthquake, more than 100 houses were destroyed, and many houses were damaged.
9. Baku– in 2000 magnitude of 6.8. As a result of the earthquake, dozens of buildings were destroyed and 30 people died.
10. Zagatala earthquake- in 2012 magnitude of 5.6. There were damage to the buildings, but no human casualties.

**Conclusions.** Natural events, including earthquakes, are inevitable. They cannot be avoided, but it is possible and important to reduce their destructive effect. For this, it is necessary to know the causes of earthquakes, to study the processes related to their formation and occurrence, and to develop methods for predicting these events.

It is known that since the arising of the world, earthquakes have consistently occurred in seismically active regions, resulting the death of millions of people and the destruction of buildings. As there were many devastating earthquakes in our country in the past, as a result of future earthquakes, it is a fact that we will experience large life and losses.

A practically significant forecast is a forecast that reliably answers three questions, namely, the source of the upcoming earthquake; determination of the maximum power that this earthquake source can generate; it is intended to determine the moment of the earthquake.

Accordingly, the capabilities of modern forecasting systems: the accuracy of the location of the expected earthquake is hundreds of kilometers, the possible energy is in six magnitudes, and the time is in years. It is quite clear that such a prediction has no practical significance.

The uncertainty in assessing the seismic hazard of different parts of the Earth's surface is caused by the lack of sufficient seismotectonic materials. However, the determination of the initial seismic score is possible under the conditions of seismological monitoring and topogeodetic studies. Reliable information on the seismic threat of a particular area will reduce construction costs, ensure the safety of the population and ensure the operation of enterprises and facilities and significantly reduces the costs of restoration. The study of various actions and deformations in the Earth's crust requires high-precision geodetic measurements of geodynamic landfills in monitoring regime - geodynamic landfills. Serious requirements for conducting such geodetic works include large areas covered by measurements, high level of accuracy in determining displacement and deformation values, short periods between a number of instrumental measurements, all this determines the need to use modern high-precision and productive geodetic equipment when conducting research.

In parallel with the development of technology, geodetic research for geodynamic purposes is increasing all over the world:

- Geodetic networks should be planned in the most appropriate way, allowing to study time-dependent changes and long-term movements in the earth's crust;
- There is a need for long-term information obtained from extensive areas on the ground surface with various measurements to learn more about earthquakes;

- An earthquake-oriented "geographical information system" should be created to develop right solutions after an earthquake;
- Information from multidisciplinary studies must be evaluated together in order to understand the earthquake mechanism.

### References

1. Allen R.M. and H. Kanamori. The potential for earthquake early warning in southern California. *Science*, 786–789. 2003
2. Andrzej Kijko. Estimation of the Maximum Earthquake Magnitude, *Pure appl. geophys.* 161p. 2004
3. Balkaransingh S. The tectonic displacement field in Trinidad and Tobago during the 20<sup>th</sup> century, M. Phil. Thesis, Department of Surveying and Land Information, University of the West Indies, St. Augustine, Trinidad. 2001
4. Bouchon, M., Töksöz, M.N., Karabulut, H., Bouin, M.P., Dietrich, M., Aktar, M., Edie, M. Space and Time Evolution of Rupture and Faulting during the 1999 Izmit (Turkey) Earthquake. *Bulletin Seismological Society of America* 92(1), 256–266. 2002
5. Dempsey, D., Ellis, S., Archer, R., Rowland, J. Energetics of normal earthquakes on dip-slip faults. *Geology*, 279-282p. 2012
6. Delouis, B., Nocquet J.-M., Vallée M. Maule Earthquake, central Chile, from static and high-rate GPS, InSAR, and broadband teleseismic data. *Geophysical Research Letters* 37, doi:10.1029/2010GL043899. 2010
7. Feigl, K. L., Thatcher, W., Geodetic observations of post-seismic transients in the context of the earthquake deformation cycle. *Comptes Rendus Geosciences*, 'Observing the Earth from space', 1012-1028p. 2006
8. Fabrizio Marra, Alberto Frepoli, Dario Gioia, Marcello Schiattarella, Andrea Tertulliani, Monica Bini, Gaetano De Luca, and Marco Luppichini. A morphotectonic approach to the study of earthquakes in Rome *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 2445–2457, 2022. <https://doi.org/10.5194/nhess-22-2445-2022>.
9. M. Kahraman, A. A. Özacar, S. Bülent Tank, G. Uslular, G. Kuscu, and N. Türkelli. Detection and Classification of Volcanic Earthquakes/Tremors in Central Anatolian Volcanic Province. *Geophysical Research Abstracts* Vol. 19, 2017
10. Okamoto T., Tanimoto T. Crustal gravitational energy change caused by earthquakes in the western United States and Japan. *Earth and Planetary Science Letters*, 195, 17-27. 2002
11. Prawirodirdjo L., McCaffrey R., Chadwell, C.D., Bock, Y., and Subarya, C. Geodetic observations of an earthquake cycle at the Sumatra subduction zone: Role of interseismic strain segmentation. *Journal of Geophysical Research* 115, B03414, doi:10.1029/2008JB006139. 2010
12. Riguzzi F., Crespi M., Devoti R., Doglioni C., Pietrantonio G., Pisani A.R. Geodetic strain rate and earthquake size: New clues for seismic hazard studies. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 206-207, 67–75
13. Shishikura M., Cycle of interpolate earthquakes along the Sagami Trough deduced from tectonic geomorphology, *Bull. Earthquake Res. Inst. Univ. Tokyo* 78, 245–254. 2003
14. Ying Zhou. Transient variation in seismic wave speed points to fast fluid movement in the Earth's outer core. *COMMUNICATIONS EARTH & ENVIRONMENT*. 2022

*Məqaləyə istinad: Qəniyeva S.A., Cəbiyeva T.E. Zəlzələlərin proqnozunda geodeziya ölçülərinin rolu. Elmi Əsərlər jurnalı/ Scientific works. AzUAC, s. 117-122, N2, 2023*

*For citation: Ganiyeva S.A., Jabiyeva T.E. The role of geodesy measurements in the forecast of earthquakes. Elmi Əsərlər jurnalı/ Scientific works. AzUAC, p. 117-122, N2, 2023*

***Məqalə INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES (AERS2023) adlı konfrans materialıdır.***

<http://doi.org/1058225/sw.2023.2-123-127>

## ON THE DETERMINATION OF UNDERGROUND AND ABOVE-GROUND PARTS OF BUILDINGS IN TERMS OF STRUCTURAL CALCULATION SCHEME

**Zeynalov Latif Majid oğlu**- honored engineer, prof., The Ministry of Emergency Situations of the Azerbaijan Republic, State Agency for Control of the Construction Safety, General Administrative Office for State Expertise, z.latif@rambler.ru

**Hajiyev Mukhlis Ahmad**- doc.tech.sc., prof., AzUAC, hajiyevmuxlis@mail.ru

**Polukhov Ilham Khalil**- PhD in tech.sc., The Ministry of Emergency Situations of the Azerbaijan Republic, State Agency for Control of the Construction Safety, General Administrative Office for State Expertise, ipolukhov@gmail.com

**Asadov Elchin Ziraddin**- PhD in tech.sc., The Ministry of Emergency Situations of the Azerbaijan Republic, State Agency for Control of the Construction Safety, General Administrative Office for State Expertise, asadovelcin75@gmail.com

**Abstract.** The conditions of acceptance of the superstructure and substructure of the building frame from a structural point of view, their mutual structural effect on each other were investigated, and it was proposed to use the results in the improvement of seismic codes in the article.

**Keywords:** AzDTN 2.3-1, Turkiye seismic codes, superstructure, substructure, building height, base

The correct selection of the load-carrying system of the building and the calculation scheme of this system is one of the basic principles of structural design. Calculation and modeling of the underground and above-ground parts of the building frame separately or together, as well as based on the principle of superstructure-foundation-soil interaction, especially with the consideration of the earthquake effect, becomes even more relevant in the design. Unfortunately, in AzDTN 2.3-1 "Construction in Seismic Areas" code [1], which have been in force since 2010, the issues of structural scheme selection and modeling have almost not been addressed. In "Turkiye Building Earthquake Regulation" [2], published in 2018, this issue has been given considerable attention.

As a rule, building standards in seismic regions limit the height and number of floors depending on the seismicity of the construction site and the load-bearing structures (structural scheme) of the building [1, table 8; 2, table 4.1; 3, table 8]. Designing experience shows that there is a need to clarify the concepts of "building height" and "number of floors" from a seismic point of view.

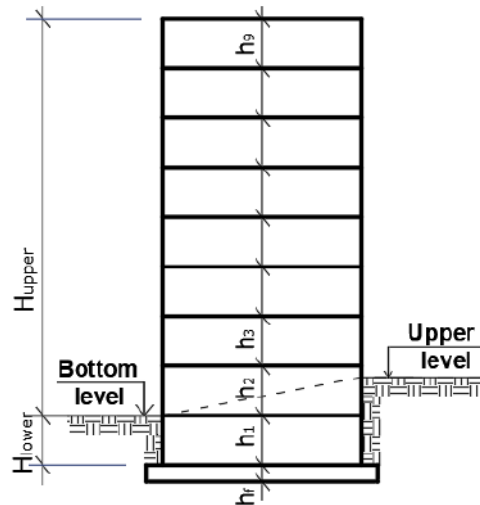
Below, it was tried to examine the conditions of acceptance of the underground and above-ground parts of the building frame, their mutual structural influence on each other. First of all, let's note that the structural division considered here should be distinguished from the division of the underground and above-ground parts of the building from the point of view of architecture, operation, MEP and other such aspects. We are talking about the frame parts that make up the load-bearing system of the building, their distribution and correct modeling in terms of their work under external influences, especially under the influence of earthquakes. To distinguish between these approaches, the upper and lower parts can be called superstructure and substructure, respectively.

AzDTN 2.3-1 codes contain a note "The height of the building is accepted as the height from the planned surface of the pavement or adjacent land (if there is a slope) to the lower level of the cover of the last floor" [1, change 2, table 8, note 1]. According to СНиП II-7-81\* "the height of the building is considered to be the difference between the lower pavement or planning level adjacent to the building and the top of the outer wall" [3]. The clarification provided in both norms is not complete, disputes arise in the determination of the lower and upper levels, as a result of the lower and upper parts from the structural point of view, i.e. the heights of the substructure and superstructure, the total height, as well as the placement of the foundation [5,6,7,8].

First of all, the issue of determining (accepting) the level that separates the building's substructure from its superstructure should be clarified. First, in the seismic codes of the Russian Federation [4] see the following note- "If the basement part of the building is separated from the soil fill or the structure of neighboring buildings (including by deformation seams, from the author), the underground floors are included in the (above ground) floors of the building and the limit height."

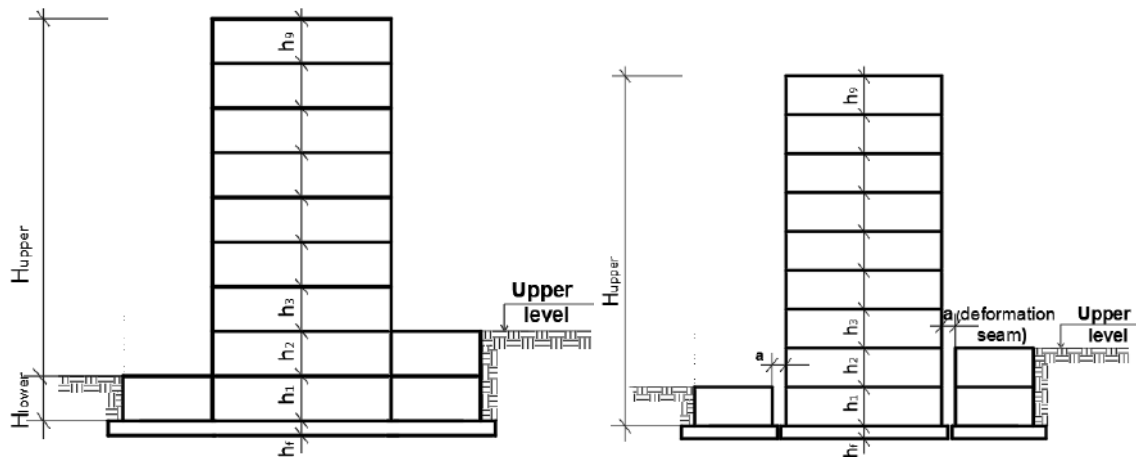
By the way, according to another note right there, "The last floor, whose floor mass is less than 50% of the average floor mass of the building, is not included in the (above ground) floors of the building and the limit

height". At first glance, it seems that the issue has been clarified in general. However, when looking at the solution of the issue with specific schemes, it seems that there are problems that need to be specified.



**Figure 1.** The underground part of the building is connected to the soil from the side [1]

Above, with the notes taken from [1 and 4] it is possible to determine the heights and storeys of the substructure and superstructure parts of a stand-alone building (Fig.1), and with the notes taken from [4] the building with neighboring buildings around it (Fig.2).



**Figure 2.** a) Neighboring buildings are in one block with the considered building.  
 b) Neighboring buildings are separated from the considered building by a deformation seam [4]

Building's substructure 1 floor and superstructure 8 floor will be in figures 1 and 2a and heights of these parts will be following:

$$H_{lower}=h_1 + h_f \text{ and } H_{upper} = h_2 + \dots + h_9 \quad (1)$$

Since the basement of the building in Figure 2b is separated from the structure of the neighboring buildings, its basement floor is also included in the total structural height of the building (see note taken from 4). That is:

$$H_{lower} = h_f \text{ and } H_{upper} = h_1 + \dots + h_9 \quad (2)$$

However, upon careful examination, it becomes clear that the structural substructure and superstructure division that is being discussed should not be considered simply as the height distances of building parts and the number of floors. This division has an important place in the resistance of the building frame to earthquake effects, and it should be treated very seriously in the creation and modeling of the calculation scheme of the building frame. The substructure must ensure that all loads and impacts transmitted from the superstructure are

properly transferred to the ground base. When viewed from the point of view of static loads, the working principles of the upper and lower constructions are similar, and in fact they differ in the values of the loads. Under the horizontal dynamic influence of the earthquake, the work of the substructure becomes much more complicated.

The horizontal loads collected from the superstructure, seem to have really become a shearing force and try to cut the vertical elements at the junction (interface) of building parts, that is, columns and shearwalls. The direct dynamic effect of seismic waves on substructure elements should not be neglected. Taking these into account, special conditions are provided that ensure that the substructure has a real base function for the upper part of the building. First of all, it is required that the basement (substructure) is surrounded by reinforced concrete shearwalls on at least three external sides along the perimeter, and at the same time, the ratio between the total fundamental period of the building and the fundamental period of the upper section ( $T_{p,all} \leq 1.1 T_{p,upper}$ ) is ensured. If the conditions are not met, basement floors are not included in the base of the building, and in a building with a basement, as in a building without a basement, the base of the building is determined at the upper level of the foundation [3].

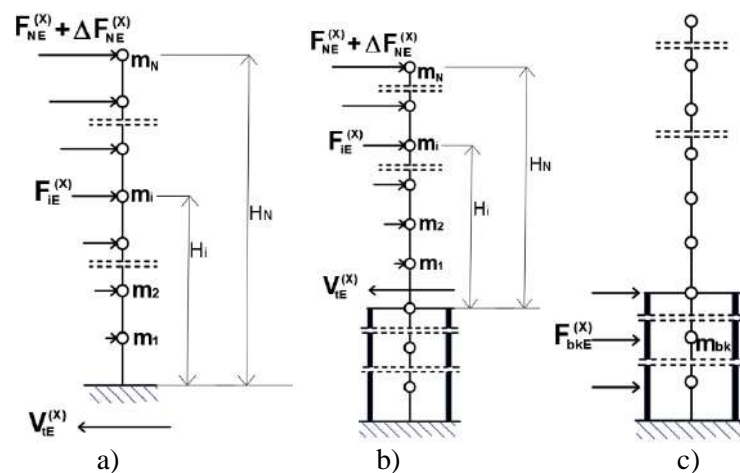
Thus, it is clearly seen that the height of the building in earthquake calculations is calculated from the base (heel) of the building. As a base, the upper level of the substructure (basement) should be accepted, if the rigidity of the structural system that makes up the substructure (basement in simplified form) is ensured and a reliable connection of this system with the ground is created, otherwise, the upper level of the foundation should be accepted, regardless of whether or not there is an substructure (basement).

Depending on whether or not the building's substructure is considered as a full-strength load-bearing system, the transmission of earthquake forces (bending moment and shear force) to the sub-unit elements and finally to the foundation and soil foundation is fundamentally different. Therefore, in modern construction standards, a special place is allocated to the construction of the calculation model of the upper and lower structural schemes.

When calculating the buildings with basement surrounded by rigid reinforced concrete walls from the outside by the equivalent seismic load method, the upper part of the building and the lower part with basement are modeled together as a common single load-bearing system. In this case, two load-state calculation methods (Figure 3) can be applied.

In the first loading case, the determined equivalent seismic loads, taking into account the relevant behavior and resistance reduction factors, are applied only to the upper section (Figure 3b), and as a result of the calculation, reduced internal forces are obtained in both the upper section and the lower section.

In the second loading case, again in the single load-bearing system model, only the masses of the basement floors in the substructure and the approximate equivalent seismic loads acting on these floors are calculated by including  $T=0$  (Figure 3c). As a result of the calculation using the earthquake load reduction factor  $(R_a)_{lower} = D_{lower} = 1,5$  for the substructure, the reduced internal forces in the substructure are obtained [3,4].



**Figure 3.** A similar approach can be adopted using these relevant calculation rules and coefficients in modal calculation methods considering earthquake effects. Calculation methods, modeling of load bearing systems [4]

Modeling of building frames without a basement, as well as a lower part (substructure) without the required rigidity, is performed based on the rules for the upper part (superstructure).

The structural scheme of the substructure seriously affects the work of the building foundation under the influence of an earthquake. As it is known, the purpose of designing the building foundation under seismic influence is to ensure that the carrying capacity of the foundation is not exceeded and that the displacements of the soil base are within the permissible limits. The adequacy of the design bearing capacity of the soil base of the foundation can be shown in general as follows

$$E_t \leq R_t \quad (3)$$

Here,  $E_t$  represents the design effects that include static and seismic effects and depends on the bearing system of the building frame substructure, and  $R_t$  represents the design resistance according to the corresponding collapse mechanism.

The horizontal shear force, which is the basis for earthquake design, is assumed by the passive earth pressure generated on the side of the substructure together with the frictional resistance between the soil base and the foundation [2,4]. For foundations without piles, the following inequality with respect to horizontal displacement is required to be satisfied in each of the loading cases, which include statics and earthquake effects:

$$V_{th} \leq R_{th} + 0.3R_{Pt} \quad (4)$$

Here,  $V_{th}$  represents the horizontal design force acting on the foundation base,  $R_{th}$  represents the design frictional resistance, and  $R_{Pt}$  represents the passive design resistance.

Frictional resistance in design defined as:

$$R_{th} = \frac{P_{TV} \tan \delta}{\gamma_{Rh}} \quad (5)$$

Here,  $P_{TV}$  is the design vertical pressure force acting on the foundation base, and the coefficient of frictional resistance is  $\gamma_{Rh} = 1.1$ .

$\delta$  is the friction angle between the foundation and the soil base, which depends on the soil and concrete of the foundation. As an example, let us show that  $\delta = 0,6$  for a monolithic foundation on compacted soil, and  $\delta = 0,4$  for precast foundation.

The second term of the above inequality expresses the horizontal force resistance on the side of the substructure.  $R_{Pt}$  is called passive design resistance and is calculated by dividing the characteristic passive resistance of the soil by the resistance factor.

Thus, contrary to some misconceptions, it is necessary to increase the lateral passive resistance due to the connection between the soil and the foundation and the connection of the substructure with the soil in order to receive the horizontal forces transmitted from the building frame, especially the forces generated by seismic waves.

### Conclusion:

1. Structurally, the heights and number of floors of the lower and upper parts of buildings designed with earthquake effects in mind should be determined not only depending on the location of these parts below or above the ground level, but also depending on the structure, rigidity of the substructure, the connection of the side faces with the ground or neighboring buildings.
2. In order to reliably transfer horizontal impacts from the foundation to the soil base, the cohesion of the foundation to the subsoil and the connection of the substructure to the side soil must be ensured.

### References

1. AzDTN 2.3-1. Seysmik rayonlarda tikinti. Layihələndirmə normaları. Dəyişiklik 1.2011, Dəyişiklik 2. Bakı. 2010- 2014
2. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı için Esaslar. Ankara. 2018
3. SNiP II-7-81 Stroitel"stvo v sejsmicheskikh rajonah. Moskva. 1981
4. Svod pravil SP 13330. Stroitel"stvo v sejsmicheskikh rajonah. Moskva. 2013
3. Zeynalov L.M., Poluxov I.X., Asadov E.Z., Rzayev R.A., Asadov S.B., Amrahov A.T. Seysmik nöqteyi-nezerden chox mertebeli binaların hundurluyunun (mertebelərin sayının) təyini haqqında. Az İMETİ, Elmi Praktiki Jurnal 2(13), Bakı. 2017
4. Zeynalov L.M. Yeni yaradılacaq seysmik normaların bezi muddaları haqqında. İnshaatin müasir problemləri movzusunda AzMIU İnşaat fakultesinin 100 illiyinə hesr olunmuş Onlayn beynelxalq elmi-praktiki konfrans. Onlayn 18-19. 2020

5. Zeynalov L.M., Hacıyev M.Ə., Polukhov I.X., Asadov E.Z. Seysmik normalarin tekmlleshdirlməsine dair. Ukrayna- Azərbaycan Onlayn Beynelxalq Konfrans. Onlayn. 2021
6. Zeynalov L.M., Polukhov I.Kh., Golalmish M.B. Comparison of Azerbaijan and other seismic Codes. Materials of 9th international conference on Earthquake resistant Engineering Structures. A Coruna, Spain. 2013

*Məqaləyə istinad: Zeynalov L.M., Hacıyev M.A., Poluxov İ.K., Əsədov E.Z. Struktur hesablama sxemi baxımından binaların yeraltı və yerüstü hissələrinin təyin edilməsi. Elmi Əsərlər jurnalı/ Scientific works. AzMİU, s. 123-127, N2, 2023*

*For citation: Zeynalov L.M., Hacıyev M.A., Polukhov I.K., Asadov E.Z. On the determination of underground and above-ground parts of buildings in terms of structural calculation scheme. Elmi Əsərlər jurnalı/ Scientific works. AzUAC, p. 123-127, N2, 2023*

***Məqalə INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES (AERS2023) adlı konfrans materialıdır.***

## FROM THE HISTORY OF EARTHQUAKES IN AZERBAIJAN

**Aghalarli Mubariz Zahid**- ass.prof., doctor of philosophy in history, leading researcher,  
A.A. Bakikhanov Institute of History of ANAS, mubarizagalarov@yahoo.com

**Introduction.** Throughout history, the material and spiritual cultural samples that have been created and formed in Azerbaijan have also contributed to the universal value system. Unfortunately, these unique cultural values having faced a serious test as a result of natural disasters and earthquakes that occurred from time to time; in some case it has faced the threat of extinction, and sometimes it has been completely destroyed. Historically, the earthquakes that occurred in the territory of the country have not only damaged material and moral values, but also resulted in numerous human losses and had a negative impact on demographic processes. It should be noted that the information about the first earthquake in history dates back to 2050 BC. Earthquakes that occur from time to time in different seismo-active zones of the world have caused numerous casualties and seriously damaged material and moral values. Due to its scale and power, as well as the great destruction it caused the Ardabil earthquake [year 893, death toll 150 thousand people] [1], the Kanto earthquake [1923 year, death toll 142 thousand people] [2], the Erzincan earthquake [1939, death toll 33 thousand people] [2], the Ashgabat earthquake [1948, death toll 110 thousand people], the Turkiye-Syria earthquake [2023 year, the death toll is more than 50.000 people] [2] which are especially remembered in the world and Azerbaijan are considered the worst natural disasters in human history. On the whole, during the last 500 years, about 5 million people lost their lives as a result of earthquakes in the world.

### 1. *From the history of earthquakes in Azerbaijan*

The first earthquake in the history of Azerbaijan occurred in 427. That year, hundreds of thousands of people died as a result of the 9-magnitude earthquake that occurred approximately 25 km southeast of the city of Ganja. The basis of the seismological history of Azerbaijan starts from this year [6]. We would like to note that the information about this earthquake is very limited.

Musa Kalankatli (Movses Kaghankatvatsi) [8], while describing the events of the 5th century in Albania, gives brief information about another earthquake that occurred in Albania in his book "The History of Albania": "A strong earthquake occurred at daybreak and all those standing there fell to the ground... at that moment a black cloud descended from the sky and people were afraid of it and returned to their homes".

This earthquake, described by Musa Kalankatli [8], is believed to have occurred in the northwestern region of Azerbaijan. It appears from the description of the events that this earthquake did not cause such great destruction and loss of life.

One of the most tragic earthquakes in Azerbaijan happened in Tabriz. As a result of this earthquake, which occurred in 1042, a great loss of life was recorded. The medieval historian Ibn Al Asir wrote about this [7]: "This year (1042) there happened a big earthquake in Tabriz. The city fortress, wall, bazaar, houses and a great part of the government building were destroyed. Amir escaped due his being in the garden at that time. The number of people who died in the city was about fifty thousand..." [7].

Nasir Khosrov, a Tajik poet who came to Tabriz 4 years after the earthquake of 1042, wrote: "On Safar (is the second month of the lunar Islamic calendar) 20, 438 (August 26, 1046) I reached Tabriz. This city is a settlement of Azerbaijan. They told me that on the 17th of Rabi-ul-Awwal 234, on Thursday, after the night prayer (November 4, 1042), an earthquake occurred in this city. Some parts of the city were damaged, while other parts were not damaged at all. It is said that forty thousand people died at that time.

Qatran Tabrizi, a prominent Azerbaijani poet of the 11th century, who was a live witness of the Tabriz earthquake, dedicated a special ode to this natural disaster [19, pp. 208-209, 249-251].

One of the most destructive earthquakes in Azerbaijan occurred in 1139 [8]. The biggest consequences of this earthquake hit the city of Ganja. Albanian historian Mkhitar Gosh wrote about this in the "Albanian Chronicle": "...on the day of St. George holiday [September 30, 1139], the world was punished by God. The fury of the earth and great destruction spread terribly and reached this Albanian land... As a result of this earthquake, many places were destroyed in the provinces of Parisos and Khachin provinces (Karabakh region), both in the plains and in the mountains. The capital city of Ganja was also destroyed by the earthquake along with its population. Many fortresses and villages were destroyed in mountainous regions, along with monasteries and churches that collapsed. Countless people perished under the collapsed buildings and fortresses..." [8].



Historian Ibn al-Asir described this natural disaster as follows: “This year (1139) there was an earthquake in Arran, Ganja and other places adjacent to Azerbaijan. But the most severe one happened in Ganja and many places were destroyed. Countless people died. According to sayings, two hundred and thirty thousand people died. Among the dead were the two sons of Azerbaijani ruler Gara Sungur...” [7]. We find information about this natural disaster in Nizami Ganjavi’s poem “Iskendernameh” [6]:

An earthquake broke out, shook the sky,  
 Cities were destroyed and sunk into the ground.  
 As if needle stuck into Yusifs’ eyes,  
 As if the Nile overflowed and flooded Egypt.  
 No eye was left safe, believe me,  
 The world was in mourning  
 How many treasures was lost that night  
 Ganja disappeared on Saturday night. [6].

According to the information provided by historian Kirakos Ganjali, “... In those days, darkness and fog covered all the mountains and plains, a terrible earthquake broke out and the capital Ganja was completely destroyed. Many men, women and children died, and the number of deaths because of buildings collapsing on them was uncountable. Also, Mount Kepaz collapsed and blocked the river bed here and formed the sea (Ghoygol is meant - M.A.) that exists today”. [5].

One of the devastating earthquakes in Azerbaijan occurred at the end of the 12th century. The devastating earthquake that occurred in the town of Shamakhy in 1192 hindered the development of Shamakhy, which was progressing rapidly at that time, and caused the decline of the town. The Georgian source “The History and Definition of Tajdars” describes this natural disaster as follows: “...The earthquake shook and destroyed the walls and fortresses of the town of Shamakhy, and all those who were there died. Shirvanshah’s wife and children also perished”. After the Shamakhy earthquake of 1192, Shirvanshah Akhsitan I had to move his residence to Baku.

Information is found in historical sources about devastating earthquakes in different provinces of the empire during the reign of the Safavi dynasty in Azerbaijan (1501-1736), [11, 12, 15].

It should be noted that 50 (51) of the most devastating earthquakes were recorded from 1503 to 1722 in a wide area from Dagestan to Hormuz, Hakkari and Erbil up to Asfarayin, within the boundaries of the Azerbaijani Safavi state [13].

In the 16th century, only in the city of Tabriz, three devastating earthquakes were recorded (in 1522, 1527, 1550) [13]. During the earthquake that occurred in 1522, 70.000 people died [13]. Even during the earthquake of 1527, the number of people died in Tabriz is likely to be high, but exact statistical information is not found [13].

Although the number of casualties is not specified in the 6- 7 magnitude earthquake that occurred in Tabriz on January 20, 1550 [3], it is calculated to be much more. It is no coincidence that referring to Ibn Fazlullah al-Omari, Yahya Zaka wrote about this earthquake in Tabriz in his work “Tabriz Earthquakes” that the earthquakes that occurred in Tabriz in 987 AH (1550 AD) lasted for 6 days and even a mountain near Tabriz broke into 4 parts, the resulting dust and fog covered the horizons in darkness” [23].

The Safavi era Azerbaijani historian Iskender Bey Munshi Turkman, in his work “The History of Abbas, who decorated the world (Tarix-e-alamaraye-Abbasi) [11], gives information about the Khorasan earthquake in 1549/50 and writes: “A strange event occurred during the reign of the Late Shah (Shah Tahmasib-M.Z.) among the events are the great earthquakes in the province of Khorasan called Gayin, which occurred in five villages of that province in the year nine hundred and fifty-six (1549/50 AD) [11]. Thus, three thousand people were destroyed by staying under the earth. Mevlânâ Baghi, the Qazi (confessor) of that province, was an astrologer and lived in one of those five villages. He had informed the people of the village in advance and said that due to the position of the horoscope and the influence of the stars, there will be a heavy earthquake tonight, so they should stand outside and not stay in their houses as a precaution. The villagers did not listen to him, and the Qazi left the house with his men and stayed in the desert until midnight. Unable to bear the cold, he listened to his children and returned the village, and at that very hour an earthquake occurred. Qazi and all his children and men, remained under the earth and perished” [11]. The sources of the period do not provide much information about the earthquake that occurred in Tabriz in 1567. Abdi Bey Shirazi wrote about this in his work “Takmilul-Akhbar”: “In the house where Sam Mirza and his children were in the Qahgaha Castle, Algas’s sons - Sultan Ahmad and Sultan Farrukh were talking together, and a strong earthquake happened and that house fell. All perished...” [15].

Iskender Bey Munshi Turkman reported in his work [12] about the next earthquake that occurred in 1619 in the imperial territory. The author writes about this: “This year, an earthquake occurred in some parts of Zave province and in some areas of Khorasan, but in Dugabad, the prosperous *qerye* of that province, there was an earthquake that such a destructive earthquake had never been seen before. We heard from truthful people that the houses were collapsed on top of each other in such a way that the prosperous settlement turned into a huge pile of earth, and there was no trace of the houses there. As most of the people of Dugabad went outside to collect crops, only seven to eight hundred residents remained under the earth and died. A wedding party was held in one person’s house. Seventy women of that party remained under the earth, and thanks to the wisdom of the god, that joy turned into mourning. It is one of the rare and strange cases that the bride, out of fear, threw herself between the door and the window and survived...” [12].

Among the earthquakes that occurred in Azerbaijan in the 17th century, the Tabriz earthquake of 1640 stands out due to the consequences it caused. On February 27, 1640, many people died as a result of an earthquake in Tabriz and its surroundings. During this period, in the information provided by Rustam Khan, the Beylerbey of Azerbaijan, to the Safavi ruler, Shah Safi, it is mentioned that 4.900 houses were destroyed and 12.600 people died during the earthquake in the city and surrounding settlements. [14].

In 1721, 75 percent of the city was destroyed as a result of the earthquake that occurred in Tabriz. As a result of the earthquake, 10 thousand people died, and according to some estimates, the death toll varied from 8 to 250 thousand people [10].

As the Shirvan region of Azerbaijan is located in the seismologically active phase, most earthquakes occurred in these areas. The earthquakes that occurred in Shamakhy in 1667, 1669, and 1671 are considered the strongest natural disasters in the history of Azerbaijan [1]. More than 100 thousand people died as a result of these earthquakes. The earthquake that occurred in Shamakhy in 1667 had a magnitude of over 8, and 80.000 people died as a result of the earthquake. As a result of the earthquake that occurred again in Shamakhy in 1669, thousands of houses were destroyed, and 7 thousand people became victims of this terrible natural disaster [1].

At the beginning of the 70s of the 17th century, the Dutch traveler Jan Streis reported about the previous earthquakes that occurred here while he was in Shamakhy. The traveler described the terrible earthquake of Shamakhy in 1667 so: “What surprises me more than anything is that the city was rebuilt after not even three years had passed since its destruction and desolation. During the year I was here, there were several earthquakes. However, no one remembers such a strong earthquake as the earthquake of 1667. As a result of the earthquake, the city was shaken to its foundation, not only large buildings and towers did not survive, but even residential houses collapsed so quickly that no one could save their lives. They calculated that during this terrible devastation, if women, children, and servants are not taken into account, more than 80.000 men with weapons in their hands died, and the misfortune not only befell Shamakhy, but also its surroundings. Solid mountains and solid rocks were separated, entire settlements and villages were destroyed and plunged into ravines. The roads were so destroyed that the caravans often had to take a detour...” [9].

Jan Streis, who was a live witness of the earthquake of 1671, describes what he saw: “...on the first day of 1671, when we wished each other happiness, there was such a heavy earthquake that many people remember this day with sadness because of the great losses. People experienced fear, sadness and horror. It was painful to see the destruction of numerous houses, the death of people and livestock... The earthquake made itself felt again the next evening, creating the fear of great and terrible consequences, but compared to the previous one, it was weak and stopped without causing much damage...” [17].

The Russian orientalist Ilya Nikolayevich Berezin, who visited Azerbaijan in the 1940s, reported in his “Travelogue” about the earthquake that occurred in the Mashtaga settlement of Baku. He writes: “... Indeed, Mashtaga was a very beautiful settlement. Most of the houses were destroyed by the recent earthquake. This village suffered from the earthquake 80 years ago as well. In December 1841, the village of Mashtaga suffered this misfortune again. Heavy earthquakes started at 10 o’clock in the morning, dwellers were unable to take anything from their homes. Most of the houses were destroyed, but no one died. Earthquakes were recorded at great distances. The chief of Baku uyezdz and other officials personally went to Mashtaga. I also was among them...” [4].

The 1859 earthquake in Shamakhy, which was considered one of the largest guberniyas of the South Caucasus in the mid-19th century, dealt a great blow to the city’s political and economic position. Since the devastating earthquake occurred in 1859, in Shamakhy, one of the largest guberniyas of the South Caucasus [1], heavily destroyed the city, the center of the guberniya was moved to Baku. As a result of the earthquake, a number of historical buildings were destroyed.

One of them was the famous Shamakhy Juma (Friday) Mosque. As a result of this earthquake, 100.000 people died [1]. The magnitude of that earthquake was so great that it was not erased from people's memory for a long time. The phrase "as Shamakhy was destroyed" [28] also appeared after that natural disaster.

The Shamakhy earthquake of 1902 is also considered one of the strongest and most terrible earthquakes in the history of Azerbaijan. As a result of the earthquake that occurred on January 31, 1902 at around 12 in the day-time, the city was completely destroyed [1].

During the earthquake that occurred in 1902, more than 2.000 residents of the city died, thousands of people were injured, up to 20.000 people were left homeless, 4.000 residential houses, 8 ancient mosques, more than 10 madrasas, 40 ancient oriental baths, many bazaars and shops were razed to the ground. As a result of the earthquake, more than 3.000 houses, 40 mosques and many farm buildings were destroyed in 126 villages located in Shamakhy region [1].

Even during the years of Soviet rule, earthquakes occurred in Azerbaijan that did not cause serious consequences. On September 2, 1953, an earthquake of magnitude 7 occurred in Oghuz district. The impact of the main earthquake was most felt in the villages of Ogua, Mukhas and Jumat. Cracks appeared in the corners and walls of most houses. In some places, the walls were separated from each other, the tops of the windows and doors fell off [16]. Even after Azerbaijan regained its state independence, although earthquakes occurred with small shocks, they did not cause serious consequences. However, the earthquake that occurred in Baku on November 25, 2000 was different from the others. An earthquake with a magnitude of 6.2 was felt in Baku [27]. Although cracks appeared in certain buildings as a result of the earthquake, no serious damage was observed in general.

**Conclusion.** Analyzing information about earthquakes in historical and literary sources, it can be concluded that very destructive earthquakes have occurred in Azerbaijan throughout history. As a result of these earthquakes, hundreds of thousands of people died, social and economic life was severely damaged, and material and spiritual monuments were destroyed. When comparing the historical data on earthquakes with the that available today, it can be concluded that seismo-active regions that have existed in Azerbaijan for hundreds of years still maintain their degree of danger. Analyzing the data related to earthquakes in historical sources in a consistent and comparative manner, it is possible to obtain very important conclusions by evaluating the geographical area of this natural disaster that occurred in Azerbaijan in all periods, its scope, power, consequences, and loss of life.

## References

1. Aghalarli M. Natural disasters in Azerbaijan in the memory of history. <https://science.gov.az/az/news/open/12692>
2. History of Azerbaijan. In seven volumes. vol. II., Baku. 2007
3. Berberian. M. Natural hazards and the first earthquake catalogue of Iran. vol.1. Historical hazards in Iran prior to Tehran: IIEES, 1990-1995
4. Berezin I. Journey through Dagestan and Transcaucasia. Kazan. 1850
5. Bunyadov Z. The Azerbaijani State of Atabeyts. Baku. 1983
6. Ganjavi Nizami. Iskendernameh. Iqbalnameh. Baku, Lider publishing house. 2004
7. İbnü'l Esir Ali. El-Kamil Fi't-Tarih.vol. 9. Istanbul. 2014
8. Moisey Kalankatuklu. The History of Albania. Mkhitar Gosh. Albanian chronicle. Baku. 2006
9. Mahmudlu Y.M. Travelers, discoveries, Azerbaijan. Baku. 2012
10. Matthee Rudi. Persia in Crisis: Safavid Decline and the Fall of Isfahan. I.B. Tauris. 2012
11. Munshi Iskender Bey Turkman. The History of Abbas who decorated the world (Tarikhe-alarayye-Abbasi). Book I, Baku, East- West Publishing House. 2010
12. Munshi Iskender Bey Turkman. The History of Abbas, who decorated the world Tarikhe-alarayye-Abbasi). Book II, Baku, East-West Publishing House, 2011
13. Najiyev E. The impact of earthquakes on population in Tabriz in 16th-17th centuries. Academic journal of history and thought. 7(1), Ilkbahar, 496-512p. 2020
14. Onullahi S. The city of Tabriz in the 13th-17th centuries (social-economic history), Baku. 1982
15. Rahimli A. Khaja Zeynalabidin Ali Abdi Bey Shirazi. Takmilatul-Akhbar (Safavi period - history of Shah Ismail and Shah Tahmasib periods). Baku. 1996
16. Sultanov F., Sultanova Z. Earthquakes. Baku. 1958
17. Streis J.J. Three Journeys. Translated by E. Borodina. 1935

18. Sherifli. M. Kh. The second half of the 9th century - the feudal states of Azerbaijan in the 11th century. Baku. 2013
19. Tabrizi Qatran. Divan. Tabriz, Hijri-Shamsi 1333
20. The number of earthquake victims in Turkey and Syria has exceeded 50 thousand people. <https://report.az/region-xeberleri/turkiye-ve-suriyada-zelzele-qurbanlarinin>
21. The Great Kanto Earthquake of 1923 in Japan. <https://az.eferrit.com/yaponiyada-1923-cue-ild%C9%99-boeyuek-kanto->
22. Yavuz E. 1939 Erzincan earthquake and its effects. International Erzincan Symposium Proceedings Book C. 1, 443-452p. 28 September-1 October 2016
23. Zeka Y. Zaminlarzeha-ye Tabriz (Tabriz earthquakes). Tehran, Ketabsara, h. 1368/ m. 1949
24. The Ardabil earthquake of 893. [https://en.wikipedia.org/wiki/893\\_Ardabil\\_earthquake](https://en.wikipedia.org/wiki/893_Ardabil_earthquake).
25. The Ashgabat earthquake of 1948. [http://www.turkcewiki.org/wiki/1948\\_](http://www.turkcewiki.org/wiki/1948_)
26. <https://ann.az/az/azerbaycanda-bas-veren-guclu-zelzeleler>
27. <http://www.seismology.az/activity/seismology#>
28. <https://www.azleks.az/online-dictionary/%C5%9Famax%>

*Məqaləyə istinad: Ağalarlı M.Z. Azərbaycanada zəlzələlər tarixindən. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzMİU, s. 128-132, N2, 2023*

*For citation: Aghalarli M.Z. From the history of earthquakes in Azerbaijan. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzUAC, p. 128-132, N2, 2023*

***Məqalə INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES (AERS2023) adlı konfrans materialıdır.***

<http://doi.org/1058225/sw.2023.2-133-140>

## ASSESSMENT OF EFFECT OF FIRE CUT-OFFS ON AIR EXCHANGE IN VENTILATED AIR GAP OF HINGED BUILDING FACADE SYSTEMS

**Akbarova Samira Misirkhan**- PhD in tech.sc., ass.prof., Department of Construction of Engineering Communication Systems, AzUAC, samira.akbarova@azmiu.edu.az

**Akbarli Reyhan Seyyad**- PhD in mechanics, senior lecturer, Department of Mechanics, AzUAC, reyhan.akbarli@azmiu.edu.az

**Abstract.** The facade is one of the most important elements of the building in terms of its fire safety, as a fire leads to serious building damage and it is accompanied by human casualties. The article considers the influence of fire cut-offs on the parameters of the airflow in the ventilated gap of the hinged facade system. An engineering assessment of solid and perforated horizontal fire cut-offs used in Azerbaijan is presented. As air exchange in the ventilated gap occurs in the thermo-gravitational mode, the features of the airflow movement in the gap are analyzed using the aerodynamic estimation method with the assumption that the gap is a single vertical air duct. Engineering assessment of the impact of cut-offs on the facade air regime is performed by the dependence on the coefficient of airflow velocity. It has been established that when using even a cut-off with a significant percentage of perforation it prevents necessary air exchange in the gap. A motivated justification is given for the need to use modernized cut-offs, which, during normal operation of the facade, do not interfere with the required air exchange in the gap. In case of fire, cut-offs block the air movement in the gap and the ingress of burning drops of molten thermal insulation into the lower zones. The results of the engineering assessment can be used to further improve the regulatory framework for the design, installation, and reliable operation of fireproof facade systems with a ventilated air gap.

**Keywords:** hinged facade system; ventilated air gap; fire cut-off, coefficient of airflow velocity, engineering assessment, fire safety

**Introduction.** Every year, many natural disasters occur in various parts of the world, including earthquakes, causing significant social, economic, and energy damage to people. One of the potential and greatest dangers of earthquake consequences is the fire threat. In addition to earthquakes, the cause of fires in buildings and structures can be a violation of construction safety, the use of combustible building materials, and faulty structures. Currently, hinged facade systems (HFS) with a ventilated air gap (VAG) are becoming increasingly popular in the construction of new and reconstruction of old buildings, which significantly increases the energy efficiency of the building. In the modern construction industry, this facade system is also in demand due to its versatility and multi-functionality. In addition, these facades give the building an expressive exterior, they have improved thermal-shielding properties and normalize the heat and humidity regime of the building, which is achieved due to their design features. Along with all the advantages, the main and most significant drawback of HFSs with VAG is their fire hazard, which was proved by resonant fires in Baku: 12-story residential building, near the Azadlig metro station, 2015 (Figure 1), and 9-story residential building on the Zykhighway in the Khatai district, 2017. Both buildings had HFS with VAG. The gap acted as an open chimney and allowed the fire to quickly spread both vertically and horizontally across the building's facade. It proves that the problem of preventing the spread of fire in the air gaps of the facade systems is relevant and is of decisive importance for ensuring the safety of life for the activities of people



**Figure 1.** Facade system with a ventilated air gap of a residential building after a fire, Baku, next to Azadlig metro station, 2015 [5]

This study is devoted to the study of structural and technological solutions for fire prevention in buildings with VAG in HFS. The article discusses the influence of various types of horizontal fire cut-offs (FC) used in the facades on the parameters of the airflow in the gap. The negative impact of both solid and perforated cut-offs on the speed of air movement in the gap is evaluated and proved, as a result of which the heat and humidity characteristics of the facade deteriorate during normal operation and the expediency of using cut-offs as a fire protection measure is called into question. Alternative design solutions are considered and proposed, in which the cut-off in the normal operation mode of the facade does not interfere with the movement of air in the gap, and in emergency situations blocks the movement of air in the gap, which helps to stop the fire.

**Methods.** Many researchers studied HFSs with VAG in terms of their fire safety [2-39]. V.G. Gagarin in his research works studied the thermos-physical properties and problems of HFSs from the point of view of the flow of aerodynamic processes in a ventilated gap in the event of a fire, studied the speed of air movement in the gap [2-5]. The method for calculating wind loads on the facade of a building in emergency situations was given in [7]. E.M. Sparrow studied the phenomena of heat transfer, natural convection, and mass transfer in a gap, and conducted experiments to study the gap as a vertical air duct [8-16]. An estimate of the heat transfer coefficient and Nusselt coefficient was given in [11]. Lobaev I.A., Bazilevich A.Ya., Andreev A.O. substantiated the need to use fire cut-offs to comply with fire safety requirements, as well as to prevent the spread of combustion products in the event of fire [16]. Geir Jensen in his work considers various European and American standards for testing HFSs for exposure to fire. He also compared perforated and solid cut-offs based on the European test standard E2912-13 [41]. Pakhomov A., considered how the perforation degree of cut-off affects the thermo-gravitational flow during a fire and analyzed various variations of the facade design itself [19]. The article is shown full-scale tests of facades with realistic imitation of fire attacks and evaluated the fire resistance of cut-offs (16).

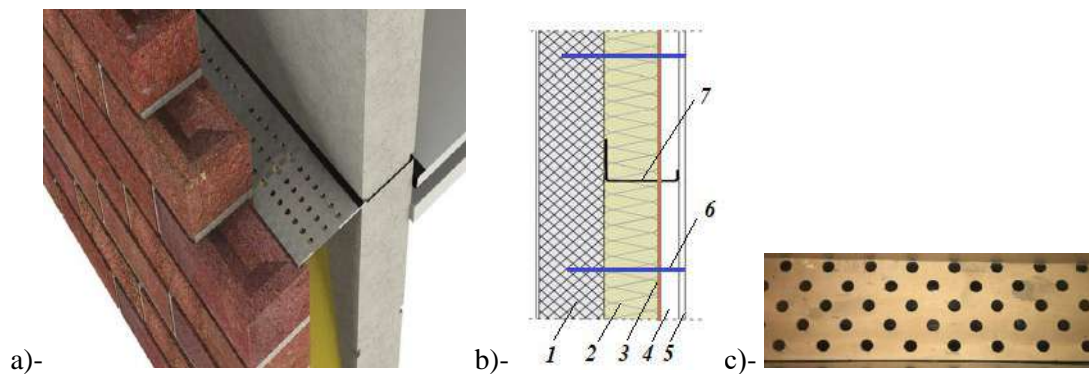
Despite a significant number of studies on this topic, there is still no research containing an objective assessment of the effect of fire cut-offs on the air movement in the HFSs with VAG and the corresponding engineering assessment. There is also great potential for the development of structural and engineering proposals to improve the design of fire cut-offs in order to minimize their negative impact on the airflow parameters during normal operation and reliable operation in the event of a fire

**Design features of the HFSs.** The fire safety of HFSs is largely determined both by the properties of materials of construction structures, their combustibility, and the fire resistance and by the corresponding engineering and design solutions in accordance with the requirements of construction codes. Engineering and design solutions include the installation of fire-prevention vertical and horizontal cut-offs, fire arresters, installation of fire-prevention window and door protective boxes, etc. Design of HFSs (Fig. 2a). includes a layer of thermal insulation with a hydro-windproof membrane and facing material, which are attached to the main masonry of the enclosing wall using special substructure elements: brackets and guides (Fig. 2a). There is an air gap between the cladding panel and the thermal insulation. In order to ensure the fire safety of the facade, horizontal fire cut-offs are attached to this structure (Fig. 2b, 7).

The cut-off is a metal plate made of thin sheet steel with a thickness of at least 0.6 mm and a length of at least 6 m. The cut-off is set with a given specific step along the building height and it divides the wall into zones. According to the current fire safety requirements for buildings, the distance between the cut-offs should not exceed 6 meters. The cut-offs are mounted directly to the wall around the entire perimeter of the building. In the event of a fire, cut-offs on the façade prevent the spread of flames inside the gap and the ingress of burning drops of molten thermal insulation into the lower zones. Cut-offs may be perforated (Fig. 2c) or without perforation - solid. The perforation of the cut-offs should provide the necessary air circulation inside the gap and meet the requirements for the heat and humidity state of the HFS. When designing and applying a fire cut-off, it is necessary to take into account the fact that the cut-off cannot completely block the movement of air in the gap, therefore, it is necessary to leave a gap between the facing material and the cut-off, or the cut-off must be perforated. But even taking into account perforation, the cutoff significantly affects the parameters of air exchange in the gap, and therefore its presence must be taken into account when calculating the fire protection of the HFSs.

**Estimation of effect of cut-off on airflow velocity in a ventilated gap.** The object of field research is the HSF of the educational building of the Azerbaijan University of Architecture and Construction (Fig. 3) located in the most weathered part of Baku, i.e. the building is operated in conditions of significant and prolonged wind effects. The average annual wind speed is 11-16 m/s in the building's location. The building facade has 55 m high, is lined with smooth composite panels measuring 1800x700mm, there is also a steel frame substructure for fixing the facing panels and a ventilated gap with a wide of approximately 120mm. The facing panels has

entry and exit slots with almost equal sizes at the base and top of the facade for ventilation of the air gap, the seal between the plates is tight and hermetic. Only the northern facade of the building has perforated cut-offs in the gap at the level of the ceilings on even-numbered floors.



**Figure 2.** a - General view of the HFS with a fire cut-off:

b - scheme of the vertical cross-section of the HFS structure with a cut-off: 1 - main masonry, 2- heat-insulating layer, 3- hydro-windproof membrane, 4- air gap, 5- cladding panel, 6- fastening bracket, 7- fire cut-off; c - view of the perforated cut-off from above in the air gap



Figure 3. Northern facade of the educational building of the Azerbaijan University of Architecture and Construction [5]

As the air in the gap of the facade has a non-uniform temperature and density, here the process of thermo-gravitational convection takes place. In this case, it is suitable to use aerodynamic calculation methods for an engineering assessment of the air flow parameters in the gap. Engineering assessment of the effect of cut-offs on the HFS's air regime is performed according to the main dependence [36] where the average speed of thermo-gravitational air movement in the vertical air gap is determined by the formula:

$$v = \varphi \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot L \cdot \left(1 - \frac{T_c}{T_h}\right)} \quad (1)$$

g - acceleration of gravity;

L - height of the ventilated gap;

T<sub>c</sub> - temperature of the inner surface of the facing panels;

T<sub>h</sub> - temperature of the outer surface of the windproof membrane or heat-insulating layer;

φ – coefficient of airflow velocity in the gap:

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{\xi + \lambda \frac{L}{h} + 1}} \quad (2)$$

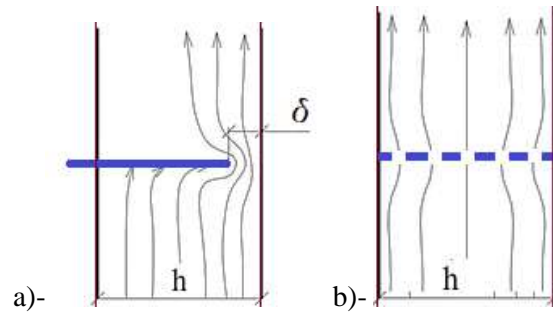
λ- friction coefficient in the gap;

h - initial width of the gap;

ξ - coefficient of local pressure losses resulting from the use of cut-offs;

$$\xi \approx \left(\frac{h}{\delta}\right)^4 \quad (3)$$

δ - width of the flow constriction (Fig. 4).



**Figure 4.** Diagram of the airflow movement in the gap with: a) - solid cut-off, b) - perforated cut-off [5]

Three different cases of HFS with VAG are considered:

there is no cut-off in the gap;

the cutoff is solid;

the cutoff is perforated.

Case 1 - there is no cut-off in the gap. According to formula (2), coefficient of the airflow velocity is:

$$\varphi_1 = \frac{1}{\sqrt{\xi + \lambda \frac{L}{h} + 1}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 0.035 \cdot \frac{55}{0.12} + 1}} = 0.24 \quad (4)$$

$h$  – width of the gap,  $h = 0.12$  m;

$L$  – height of the gap,  $L = 55$  m;

$\lambda$  – friction coefficient in the gap,  $\lambda = 0.035$ .

When there is no the cut-off in the gap coefficient of local pressure losses is:

$$\xi \approx \left(\frac{h}{\delta}\right)^4 = \left(\frac{120}{120}\right)^4 = 1 \quad (5)$$

Case 2 - the cutoff is solid and does not reach the edge of the vertical cladding panel by 24 mm (Fig. 4a). Then the coefficient of local pressure losses is (Fig. 4a):

$$\xi \approx \left(\frac{h}{\delta}\right)^4 = \left(\frac{120}{24}\right)^4 = 625 \quad (6)$$

$\delta$ - width of the flow constriction,  $\delta = 24$  mm.

For this case, according to formula (2), the coefficient of airflow velocity in the gap is:

$$\varphi_2 = \frac{1}{\sqrt{625 + 0.035 \cdot \frac{55}{0.12} + 1}} = 0.04$$

$$\frac{\varphi_1}{\varphi_2} = 7$$

When there is a solid cut-off, the coefficient of airflow velocity is decreased by seven times.

Case 3 - there is perforated cut-off in the gap (Fig. 4b),  $\delta$  - flow constriction width,  $\delta = 30$  mm. Coefficient of local pressure losses is:

$$\xi \approx \left(\frac{120}{30}\right)^4 = 256$$

$$\varphi_3 = \frac{1}{\sqrt{256 + 0.035 \cdot \frac{55}{0.12} + 1}} = 0.06$$

$$\frac{\varphi_1}{\varphi_3} = 4$$

In this case, the coefficient of airflow velocity is decreased by four times

**Results.** The above engineering calculation shows that setting any cut-off sharply reduces the airflow velocity in the gap:

without any cut-off, the coefficient of airflow velocity is 0.24;

with a solid cut-off, coefficient of airflow velocity is decreased by 7 times;

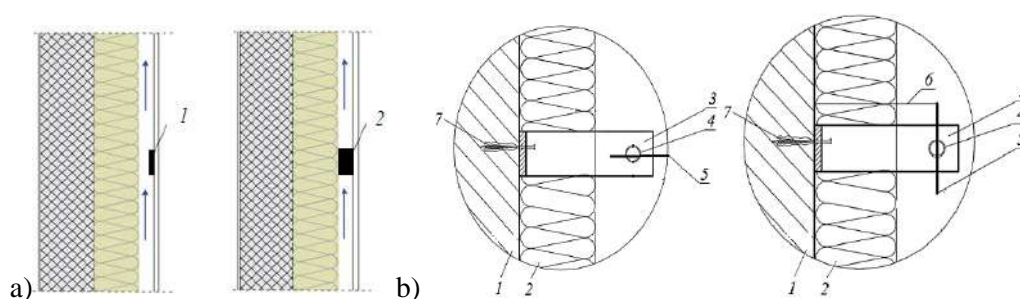
with a perforated cut-off, coefficient of airflow velocity is decreased by 4 times.

All values are shown in Table 1.



As a result of the engineering calculation, it was found that when using even a perforated cut-off with a significant percentage of perforation, the role of the air gap is reduced to zero, because the facade stops working as ventilated. When using a continuous cut-off, even with a relatively small width of the flow constriction  $\delta = 30\text{-}50$  mm, the air flow velocity drops to almost zero, air movement in the gap occurs. On the one hand, this means that the cut-off really works as a means of preventing the spread of flame along the facade during a fire, but, on the other hand, it interferes with the normal air convection inside the facade during operation. It can be concluded that the necessary solution to the problem is the use of such a cut-off design that would work only during an emergency - a fire, and the rest of the time would not interfere with the required air exchange of the gap.

**Discussion.** Protecting the HFS from the fire spread in the gap is a complex problem since today in Azerbaijan there are no strictly standardized structural and engineering measures to prevent and minimize the impact of fires, and there are no test standards for selecting appropriate fire protection measures for building facade systems. Protection is achieved through the installation of fire cut-offs that limit the fire spread through the ventilated air gap by reducing the free cross-section or completely blocking the gap. To date, in the world practice of ensuring the fire safety of buildings with HFS, only stationary cut-offs are used, which are installed inside the gap during installation and are located there both in case of an emergency and during the rest of the structure's operation. However, as the practice of their use shows, cut-offs interfere with the operation of the facade under normal operating conditions. Ways to improve the cut-off's design involve the free flow of air under operating conditions and the prevention of air movement due to cut-off during an emergency- a fire. The designs of these types of cut-offs are shown in Fig. 5.



**Figure 5.** Schemes of HFS with an improved fire cut-off: a)- with expanding intumescent material, b)-with polyamide thread: 1-wall; 2- insulation; 3 - fastening, 4 - torsion spring, 5 - fire cut-off, 6- polyamide plastic thread, 7- dowel-anchor

Fig. 5a (1) shows a schematic representation of the cut-off made of intumescent material that expands at high temperatures in a fire and closes the cross-section of the ventilated gap, providing fire resistance up to 120 minutes (EN1364-6:2016 [32]).

According to the cut-off design in Fig. 5b, during a fire the polyamide plastic thread 6 burns out, and the spring 4 pushes the cut-off 90°, bringing it to a horizontal position and stopping the movement of the airflow, i.e. the access of the fire to other zones is blocked, which leads to its non-distribution and subsequent termination. As can be seen from the scheme, the new cut-off design works only during an emergency- in case of fire. In the normal operation time, it is in a vertical position and creates only negligible losses in the airflow velocity at local resistances and does not interfere with the movement of air in the gap. This improved design differs from analogs by the vertical location of the cut-off. The coefficient of the airflow velocity in the gap for improved designs of cut-offs is shown in Table 1.

**Table 1.** Dependence of the coefficient of airflow velocity  $\varphi$  on the design solution of the façade

Constructive decisions of the HFS	coefficient of airflow velocity $\varphi$
Without cut-off	0.24
Without perforation a continuous cut-off	0.04
With a perforated cut-off	0.06
With modernized cut-off in normal operation regime	0.24
With modernized cut-off in case of fire	0

**Conclusions.** The facade is one of the most important elements of a building in terms of its fire safety, especially when, in the event of a fire, its inadequate fire protection leads to the spread of fire, serious damage to the building, and loss of life. Examples of fires in residential buildings with hinged facade systems in Baku demonstrated how vulnerable modern facades could be to fires, which directly affected people's safety.

The article considers the influence of the horizontal fire cut-off on the parameters of the airflow in the HFS with a ventilated air gap. An engineering assessment of the applied types of cut-offs is given. Since the movement of air in the gap occurs in the thermo-gravitational mode, to analyze the features of the movement of the airflow, the coefficient of airflow velocity is used, which has different values for different types of cut-offs. Quantification of the airflow movement in the gap shows the negative impact of fire cut-offs on the required air exchange in the gap and a decrease in the coefficient of airflow velocity by four times (equation 11) and seven times (equation 8), depending on the cut-off configuration. The requirement for natural ventilation of the facade and the requirement for its fire protection contradict each other. Improved designs of cut-offs are considered, which act as intended only during the onset of a fire, and during normal operation do not interfere with the necessary air exchange of the structure. The introduction of an improved design cut-off is a solution to the problem of ensuring air exchange of the gap and shutting off the air supply to the place of ignition in case of fire, as evidenced by the coefficients of airflow velocity, which are given in Table. 1. Assessments of the coefficient of airflow velocity in the gap of the HFS and analysis of the studied works allow us to substantiate the need for a new design solution in relation to fire safety in the structures of the HFS with VAG.

The practice has shown (11) that the only reliable way to prove the effectiveness of cut-offs in preventing the fire spread in such complicated systems is to conduct extensive tests of facades, which, unfortunately, is not recognized by current local legislation. The results of the engineering assessment can be used to further improve the regulatory framework for the design, installation, and long-term operation of HFS with VAG, for computational-experimental control during an energy audit of a building.

**Acknowledgments.** The research described in this paper was financially supported by the Azerbaijan University of Architecture and Construction.

## References

*Author(s) (Year), "Title of paper (Capital letter only for the first letter)", Name of Journal (Italic), Volume number in bold (Issue number in non-bold), page-page.*

1. Fire-prevention elements in a hinged ventilated facade [Electronic resource]. URL: <http://zakaz-servis.ru/posts/1767679> (date of access: 04/14/2016).
2. Gagarin V. G., Mogutov V. A., Lukyanov V. I. Guidelines for calculating the humidity regime of enclosing buildings // NIISF Gosstroy USSR, Moscow, Stroyizdat, 1984. 166 pages.
3. Gagarin VG, Kozlov VV Velocity of air movement in the interlayer of the hinged facade system with natural ventilation // Zhilishchnoe stroitel'stvo MGSU. 2013. No. 10. P. 14-17.
4. Gagarin V. G., Kozlov V. V., Lushin K. I., Pastushkov P. P. On the use of wind and hydroprotective membranes in hinged facade systems with a ventilated air layer // Scientific and technical bulletin Volg. 2013. No. 3. P. 120-122.
5. Gagarin V. G., Kozlov V. V., Guvernyuk S. V., Ledenev P. V., Tsykanovskiy E. Yu. "Aerothermal physics of permeable bodies in low-velocity air flows" // Academia. Architecture and construction. 2010. No. 3. S. 261-278.
6. Gagarin VG Sanitation of the heat-shielding shell during the reconstruction of residential buildings in Russian cities. Reconstruction, energy modernization of residential buildings and thermal infrastructure in the Russian Federation // Proceedings of the Russian-German technical seminar December 8–9, 2011. M., 2012.
7. Tsykanovsky E. Yu., Gagarin V. G., Granovsky A. V., Pavlova M. O. Problems in the design and construction of ventilated facades [Electronic resource]. URL: <http://makonstroy.ru/forum/?p=2088> (date of access: 04/11/2016).
8. Rend E. M., Sparrow E. M., Bettenhausen D. W., Abraham J. P. Parasitic pressure losses in diffusers and in their downstream piping systems for fluid flow and heat transfer // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2013. No. 1. S. 56-61.
9. Abraham J. P., Sparrow E. M., Tong J. C. K., Minkowycz W. J. Periodic flow modeling. Part 1: hydrodynamic and thermal simulations of steady, intermittent streams in the area of permanent channels // 14th International Heat Transfer Conference. IHTC. 2010. No. 14. S. 659-667.
10. Minkowycz W. J., Sparrow E. M., Murthy J. Y., Abraham J. P. Handbook of Numerical Heat Transfer: Second Edition. 2009. 968 p.

11. Abraham J. P., Sparrow E. M., Tong J. C. K. Heat transfer in all pipe flow regimes: laminar, transitional/intermittent, and turbulent // *International Journal of Heat and Mass*. 2009 No. 3.pp. 557-563.
12. Sparrow E. M., Kratz G. K., Schuerger M. J. Evaporation of water from a horizontal surface by natural convection// *Journal of Heat Transfer*. 1983. no. 105.pp. 469-475.
13. Sparrow E. M., Littlejohn N. T., Gorman J. M., Abraham J. P. Mass transfer and particle separation by swirl-chamber and swirl-tube devices // *Numerical Heat Transfer*. 2013. No. 64.pp. 611-620.
14. Sparrow E. M., Ruiz R., Azevedo L. F. A., Experimental and numerical investigation of natural convection in convergent vertical channels // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 1988 No. 31.pp. 907-915.
15. Rend R. R., Sparrow E. M., Bettenhausen D. W., Abraham J. P. Parasitic pressure losses in diffusers and in their downstream piping systems for fluid flow and heat transfer // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2013. No. 61.pp. 56-61.
16. Lobaev I. A., Bazilevich A. Ya., Andreev A. O. Implementation of fire prevention measures in accordance with the legislation on technical regulation. Materials of the twelfth scientific and technical conference "Security Systems" SB. 2003. M.: Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2003. S. 247 - 249
17. Jensen G. Fire spread modes and performance of fire stops in vented facade constructions – overview and standardization of test methods // *Matec web of conference* 9. 2013. pp. 1-11.
18. Smirnov I. A., Shesterova E. V., Nemova D. V., Petrichenko M. R. Objective Estimation of the Use of Windproof and Weatherproof Membranes in Double Skin Facades. *Applied Mechanics and Materials*. 2015. No. 725-726. pp. 130-137.
19. Pakhomov A. A. Influence of fire cut-offs on air exchange in a ventilated facade [Electronic resource]. URL: <http://vfasade.blogspot.ru/2014/01/otsechki-v-ventfasade.html> (date of access: 04/11/2016).
20. Sapagina E. A. Energy efficiency of a hinged facade system with an air ventilated gap: diss. master of engineering and technology: defended 17.06.09 / GOU SPbSPU, Department "Technology, organization and economics of construction".
21. Gorshkov A.S. Energy efficiency in construction: issues of regulation and measures to reduce the energy consumption of buildings. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. 2010. №1. pp. 9-13.
22. Yakubov S. V. Ventilated facades in the Russian climate. *Sanitary engineering. Heating. Air conditioning*. 2012. No. 9. S. 81-85.
23. N.N. Panchuk, Different facades in the modern architecture (curtain walls, Hinged, translucent.), *New Ideas New Century: Materials of international conference* Publishers Pacific National University. 2014. No. 2. S. 213-217.
24. Kosachev A. A. Analysis of the fire hazard of hinged facade systems in reconstructed buildings. *Fire and explosion safety*. 2012. No. 11 (21). pp. 77-80.
25. Khasanov I. R., Molchadsky I. S., Goltskov K. N., Pestritsky A. V. Fire danger of hinged facade systems. *Fire safety*. 2006. No. 5. S. 36-47.
26. Kosachev A.A., Korolchenko A. Ya. Fire danger of hinged facade systems. *Fire safety in construction*. 2011. No. 4. 30-32.
27. Samar E.Y., Onokhov O.V., Holupova A.P. Fire safety study of buildings shed-governmental facades. *Far East: Problems of Architectural Complex*. 2013. No. 1. pp. 357-362.
28. Wei Li, Jinzhong Zhu, Zhimin Zhu. The Energy-saving Benefit Evaluation Methods of the Grid Construction Project Based on Life Cycle Cost Theory. *Energy Procedia*. 2012 No. 17, Pp. 227–232.
29. Guoa W., Qiaoa X. Study on energy saving effect of heat-reflective insulation coating on envelopes in the hot summer and cold winter zone. *Energy and Buildings*. 2012 No. 50.Pp. 196-203.
30. Nemova D.V. The capacity of the air layer Hinged facades, in: E.V. Dementeva, SPbSPU Electronic Library, Dissertation, Saint-Petersburg, 2014
31. Nemova D.V. Energy efficient technologies in enclosing structures. *Construction of unique buildings and structures*. 2012. №3. pp. 77-82.
32. Vatin N. I., Petrichenko M. R., Nemova D. V. Hydraulic methods for calculating the system of ventilated facades // *Applied Mechanics and Materials*. 2014. 633-644. pp. 1007-1012.
33. Meshalkin E. A. Fire safety of hinged ventilated facades. *Fire safety in construction*. 2011. No. 3. 40-47.
34. Molchadsky I. S., Siegern-Korn V. N. Facade thermal insulation systems. Features of the fire hazard of hinged systems with an air gap // *Fire safety*. 2008. No. 2. 56-60.
35. Lamkin O. B., Gravit M. V., Nedryshkin O. V. Experimental and theoretical studies of fire hazard indicators of the Tekhnokom facade system. *SUZIS*. 2015. No. 11 (38). pp. 49-65.

36. Thermogravitational flow in the air gap of hinged ventilated facades: Ph.D. thesis. tech. Sciences: 05.23.16. Nemova Darya Viktorovna; Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. Defended: 12/30/15 .- St. Petersburg, 2015 .- 81 st.
37. Konstantinova N. I., Smirnov N. V. To the question of the fire hazard of aluminum composite panels in hinged facade systems. Industrial and civil construction. 2014. No. 12. S. 69-72
38. Bolodyan I. A., Khasanov I. R. What fires say. High-rise buildings. 2006. No. 11. S. 72-75. [39]. On measures to ensure the engineering safety of buildings and structures and prevent emergencies in the city of Moscow: Decree of the Government of Moscow dated May 6, 2008 No. 375-PP; input. 06.05.2008. Bulletin of the Mayor and the Government of Moscow. 2008. No. 28.
40. ASTM E2912 - 13 Standard Test Method for Fire Test of Non-Mechanical Fire Dampers Used in Vented Construction.
41. GOST R 22.1.12-2005. Safety in emergency situations. Structured monitoring and control system for engineering systems of buildings and structures. General requirements: input. 09/15/2005. M Standartinform, 2005

*Məqaləyə istinad: Əkbərova S.M., Əkbərli R.M. Hava təbəqəli fasadların üstünlükləri və enerji səmərəliliyi ilə bağlı göstəricilərin analizi. Elmi Əsərlər jurnalı/ Scientific works. AzMİU, s. 133-140, N2, 2023*

*For citation: Akbarova S.M., Akbarli R.S. Assessment of effect of fire cut-offs on air exchange in ventilated air gap of hinged building facade systems. Elmi Əsərlər jurnalı/ Scientific works. AzUAC, p. 133-140, N2, 2023*

***Məqalə INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES (AERS2023) adlı konfrans materialıdır.***

<http://doi.org/1058225/sw.2023.2-141-149>

## ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВИБРОИЗОЛЯТОРОВ С ОТВЕРСТИЯМИ В РЕЗИНОВЫХ СЛОЯХ

**Мондрус Владимир Львович**- д.т.н., профессор, член-корр. РААСН, заведующий кафедрой «Строительная и теоретическая механика» НИУ МГСУ, и.о. президента Eurasian SEISMO Association (EASA), mondrus@mail.ru, тел

**Сизов Дмитрий Константинович**- к.т.н., доцент, кафедры Строительная и теоретическая механика НИУ МГСУ, newfff@mail.ru

**Квасников Тимофей**- аспирант, кафедры Строительная и теоретическая механика» НИУ МГСУ, tima.kvasnikov@gmail.com

**Аннотация:** В статье описываются особенности статического и динамического поведения резинометаллических виброизоляторов, планируемых к использованию для виброизоляции зданий в современном строительном комплексе. Приводятся результаты конечно-элементного моделирования виброизоляторов с целью определения статических и динамических характеристик. Рассмотрены как однослойные виброизоляторы, так и виброизоляторы, включающие в себя три резиновых слоя. Как показали результаты расчетов, наличие перфораций существенным образом сказывается на несущей способности виброизоляторов, значительно уменьшая её, однако, эффективность работы таких виброизоляторов существенно повышается по сравнению с полностью монолитными виброизоляторами без отверстий. Это объясняется целым рядом причин, одна из которых – это практическая несжимаемость резиновых слоев. Фактически, резиновые тела могут подвергаться сжатию только за счет деформирования боковой поверхности, таким образом, развивая боковую поверхность резиновых слоев можно добиться приемлемой жесткости виброизолятора как конструктивного элемента, что позволит снизить жесткость системы виброизоляции. Существенно важным является и пространственное расположение отверстий, так размещение отверстий вблизи от боковой поверхности резинового слоя дает существенно меньший эффект, по сравнению с размещением отверстий в центре. В процессе расчета выяснилось, что в сжатых резиновых слоях наблюдается эффект образования ярковыраженных зон всестороннего сжатия. Наличие центральных отверстий приводит к разрушению таких зон в большинстве образцов, что позволяет в большей степени понизить первую собственную частоту виброизолируемой системы, тем самым, способствуя повышению эффективности виброзащитных мероприятий. Выбор конфигурации отверстий представляет собой оптимизационную задачу, где, с одной стороны, необходимо обеспечить приемлемую с точки зрения практики виброизоляции несущую способность виброизоляторов при заданных размерах виброизолятора в плане, а, с другой стороны, максимально снизить жесткость системы, увеличивая, таким образом, эффективность виброзащитных мероприятий.

**Ключевые слова:** резинометаллические виброизоляторы, виброзащита, метод конечного элемента.

## FEATURES OF THE CALCULATION OF RUBBER-METAL VIBRATION ISOLATORS WITH HOLES IN THE RUBBER LAYERS

**Mondrus Vladimir Lvovich**- doctor of tech.sc., prof., Corresponding Member. RAASN, Head of the Department of Construction and Theoretical Mechanics, NRU MGSU, acting President of the Eurasian SEISMO Association (EASA), mondrus@mail.ru

**Sizov Dmitry Konstantinovich**- candidate of tech.sc., ass.prof., Department of Construction and Theoretical Mechanics, NRU MGSU, newfff@mail.ru

**Kvasnikov Timofey**- post-graduate student, Department of Construction and Theoretical Mechanics, NRU MGSU, tima.kvasnikov@gmail.com

**Annotation:** The article describes the features of the static and dynamic behavior of rubber-metal vibration isolators planned for use for vibration isolation of buildings in a modern building complex. The results of finite element modeling of vibration isolators are presented in order to determine the static and dynamic characteristics. Both single-layer vibration isolators and vibration isolators, including three rubber layers, are considered. As the calculation results showed, the presence of perforations significantly affects the bearing

capacity of vibration isolators, significantly reducing it, however, the efficiency of such vibration isolators significantly increases compared to completely monolithic vibration isolators without holes. This is due to a number of reasons, one of which is the practical incompressibility of the rubber layers. In fact, rubber bodies can be subjected to compression only due to the deformation of the side surface, thus, by developing the side surface of the rubber layers, it is possible to achieve acceptable rigidity of the vibration isolator as a structural element, which will reduce the rigidity of the vibration isolation system. The spatial arrangement of the holes is also essential, since the placement of the holes close to the side surface of the rubber layer gives a significantly smaller effect compared to the placement of the holes in the center. In the process of calculation in the compressed rubber layers, the effect of the formation of pronounced zones of all-round compression was observed. The presence of central holes leads to the destruction of such zones in most samples, which makes it possible to reduce the first natural frequency of the vibration-isolated system to a greater extent, thereby contributing to an increase in the effectiveness of vibration protection measures. The choice of hole configuration is an optimization problem, where, on the one hand, it is necessary to ensure the bearing capacity of vibration isolators acceptable from the point of view of vibration isolation practice for given dimensions of the vibration isolator in plan, and, on the other hand, to minimize the rigidity of the system, thus increasing the effectiveness of vibration protection events.

**Keywords:** rubber-metal vibration isolators, vibration protection, finite element method

**Введение.** В современном строительном комплексе используется различные методы борьбы с вибрацией техногенного происхождения, возникающей от движения поездов метрополитена, трамваев, линий железных дорог. В большинстве случаев данные вибрации абсолютно безопасны с точки зрения оказываемого влияния на сами несущие конструкции, но вызывают значительные изменения в здоровье людей при их длительном воздействии [1,2]. Люди, подверженные повторяющемуся вибрационному воздействию, испытывают значительные стрессы, чаще болеют и утомляются, просходит постепенное снижение работоспособности и, в целом, снижается качество жизни. Безусловно, полностью исключить негативное воздействие вибрации, распространяющейся по грунтовому массиву от источника воздействия и, далее, по конструкциям здания непосредственно на ограждающие и несущие конструкции эксплуатируемых жилых и общественных помещений здания практически невозможно, но негативное влияние желательно и возможно ограничить. В настоящее время основным нормативным документом, регламентирующем на территории Российской Федерации максимально допустимые уровни вибрации в помещениях жилых, общественных зданий и на производстве является САНПИН 1.2.3685-21 "ГИГИЕНИЧЕСКИЕ НОРМАТИВЫ И ТРЕБОВАНИЯ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ И (ИЛИ) БЕЗВРЕДНОСТИ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ". Именно для удовлетворения требований данного нормативного документа и применяются, в основном, системы виброзащиты зданий. Известны различные способы гашения вибрационного воздействий, большинство из которых заключается в опирании основных несущих конструкций здания на различного рода упругие системы. В качестве упругих элементов чаще всего применяются резинометаллические виброизоляторы, пенополиуретановые маты, а также системы, основанные на пружинных сборках.

В практике отечественной виброзащиты наибольшее применение нашли системы, основанные на использовании резинометаллических виброизоляторов, устанавливаемые в конструкции зданий по методике д.т.н. М.А.Дашевского. Подробное изложение основ методики виброизоляции, осуществляемой по технологии "отсроченного монтажа", можно найти в книге [3]. Суть технологии отсроченного монтажа заключается в установке виброизоляторов в пределах специально устраиваемого "пояса виброзащиты", размещаемого в процессе проектирования и строительства здания чаще всего в уровне подвального этажа. Пояс виброзащиты устраивается с использованием конструкций из монолитного железобетона и включает в себя специально оборудованные ниши для установки виброизоляторов. Уникальной особенностью метода М.А. Дашевского является установка виброизоляторов в уже возведенном до проектной отметке железобетонном каркасе здания до начала периода отделочных работ. В пределах пояса виброзащиты резинометаллические виброизоляторы сжимаются с использованием гидравлических домкратов, что позволяет точно повторить "эпюру действующих давлений" от веса здания, и, таким образом, избежать любых ошибок и неточностей, которые неизбежны при выполнении расчета здания. Технология "отсроченного монтажа" также позволяет осуществить замену вышедших из строя резинометаллических виброизоляторов с использованием их повторного монтажа. Внешний вид установленного в проектное положение виброизолятора приводится на следующем рисунке.



**Рис.1.** Внешний вид установленного в проектное положение четырехслойного резинометаллического виброизолятора на одном из объектов в Москве [3]

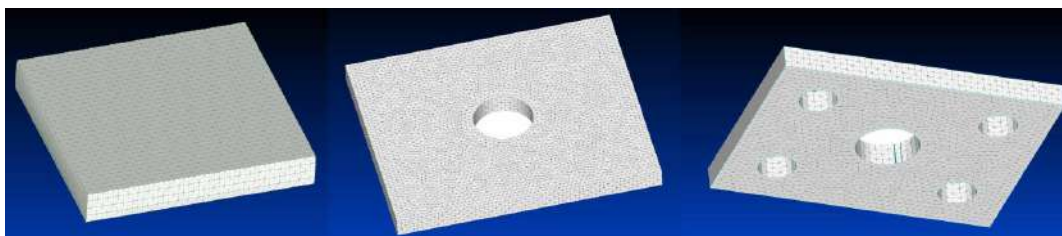
Несколько позднее на территории России началось применение систем виброизоляции строительных объектов с использованием полиуретановых матов. Данная технология менее требовательна к принимаемым проектным решениям, в меньшей степени затрагивает несущие конструкции здания, чем использование резинометаллических виброизоляторов, но требует установки полиуретановых матов уже в процессе строительства, то есть любые неточности в определении вертикальной нагрузки на конструкции здания в этом случае отразятся на равномерности осадки здания, расположенного на виброизолирующем слое; замена виброизолирующего подстилающего слоя также невозможна [4,5].

Несколько менее распространен в строительном комплексе России метод, основанный на применении сборок из стальных упругих пружин. Данный метод, обладая неоспоримым преимуществом – максимальной эффективностью виброизоляции, особенно в низком диапазоне частот воздействия, однако, является наиболее громоздким по принимаемым конструктивным решениям.

Далее в статье будет рассматриваться резинометаллический виброизолятор, как основной элемент виброзащиты объектов по технологии "отсроченного монтажа". До настоящего момента конструкции данных устройств не предполагала наличия перфораций, размещаемых внутри виброизолирующего упругого резинового слоя, это объяснялось желанием сделать такое устройство наиболее компактным и позволяло при использовании многослойных виброизоляторов достичь практически любой требуемой эффективности виброзащиты. С целью повышения эффективности виброизоляционных работ и снижения их стоимости было предложено использовать виброизолирующие элементы с большей площадью боковой поверхности. Данный эффект достигается за счет внедрения в резиновые слои виброизоляторов необходимого числа отверстий. Рассматривается линейка однослойных резинометаллических виброизоляторов с размерами резинового слоя 450x350x40 мм, 450x300x40 мм, 450x350x30 мм, 450x250x30 мм, 450x150x30 мм, 450x480x40 мм и 450x480x30 мм, без отверстий, с одним отверстием диаметром 50 мм, а также стремя-пятью отверстиями, из которых центральное отверстие обладает тем же диаметром, а отверстия, размещенные ближе к краям виброизолятора обладают меньшим диаметром 30 мм. Помимо однослойных образцов исследуются три трехслойных виброизолятора с тремя резиновыми пластинами размерами 450x480x30 мм с аналогичным размещением отверстий (один из трехслойных виброизоляторов также без отверстий). Все трехслойные виброизоляторы армированы стальными листами толщиной 4 мм, выходящими за пределы резиновых слоев на 20-30 мм. Стальные армирующие пластины в резинометаллических виброизоляторах жестко привулканизованы к резиновым слоям, что позволяет значительно повысить грузоподъемность и избежать явления неограниченного горизонтального смещения резиновых слоев при их статическом сжатии [3].

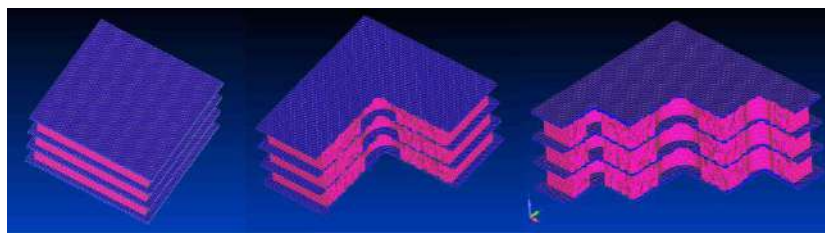
**Методы исследования.** В процессе исследования используется современный программный комплекс, реализующий метод конечного элемента. Все части резинометаллического виброизолятора (резиновые слои и стальные армирующие пластины) моделируются с использованием пространственных Solid конечных элементов. Исходя из известных рекомендаций по толщине каждого резинового слоя должно быть не менее 2-х-3-х слоев конечных элементов. При выполнении расчетов для резиновых пластин толщиной 30 мм принято три слоя пространственных конечных элементов, в то время как для пластин толщиной 40 мм принято четыре слоя конечных элементов. Для моделирования стальных пластин принято два слоя конечных элементов. В рамках допущения рассматриваемой задачи материал резиновых и армирующих слоев принят как линейно упругий. Резиновые слои приняты со следующими характеристиками: модуль упругости 5,0 МПа, коэффициент Пуассона 0,49.

При выполнении статического расчета осадка однослойных и трехслойных виброизоляторов принимается как 0,17 от первоначальной высоты резиновых слоев. Закрепления верхних и нижних узлов конечных элементов - жесткое, что в наибольшей степени соответствует условию совместной вулканизации резины и стальных пластин. Верхняя опорная плоскость виброизолятора перемещается на величину сжатия (в МКЭ модели задано вертикальное перемещение верхних узлов). Внешний вид характерных МКЭ моделей резинового слоя показан на Рис. 2.



**Рис 2.** Характерные конечно-элементные модели рассматриваемой линейки виброизоляторов (показаны модели, соответствующие резиновому слою 450x350x40 мм) [5]

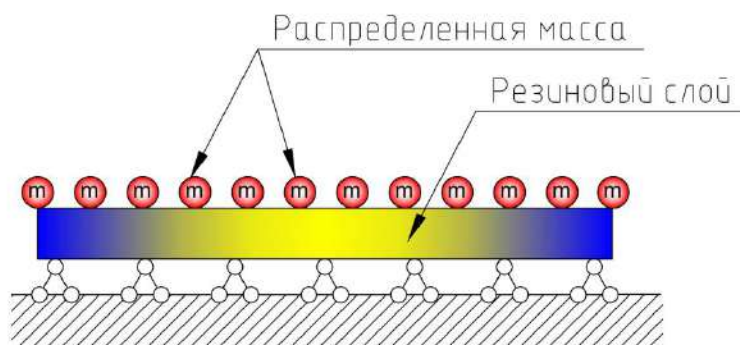
Аналогично рассмотрены три модели трехслойного резинометаллического виброизолятора с одной и пятью перфорациями. Внешний вид МКЭ моделей трехслойного виброизолятора показан на Рис.3. Стальные армирующие слои не имеют перфораций в местах расположения отверстий в резиновых слоях.



**Рис 3.** Конечно-элементные модели трехслойных виброизоляторов (двух перфорированных и полнотелого) [5]

Помимо статического расчета резинометаллических виброизоляторов было осуществлено определение собственных частот. Основное внимание уделялось вертикальной форме собственных колебаний, наиболее важной с точки зрения обеспечения виброзащитных свойств. С этой целью рассматривалась расчетная схема, представленная на следующем Рис.4.





**Рис 4.** Расчетная схема для определения собственных частот нагруженных резинометаллических виброизоляторов [5]

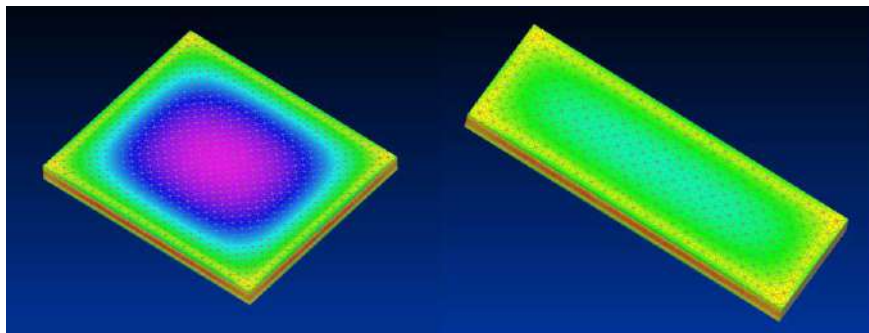
Нижняя грань МКЭ модели виброизолятора при выполнении модального анализа была полностью закреплена от перемещений по трем направлениям, в то время как для верхней грани была оставлена одна степень свободы – возможность вертикального перемещения. Для моделирования распределения массы по поверхности верхней грани возможны два способа. Первый способ заключается в создании на верхней грани виброизолятора пластинчатых конечных элементов, обладающих повышенной жесткостью (жесткость на несколько порядков больше жесткости резинового слоя на сжатие). Плотность данных конечных элементов должна быть подобрана таким образом, чтобы с учетом задаваемой толщины фиктивной пластинки смоделировать массу, приложенную к верхней грани (учитывает вес здания, действующий на виброизолятор). Второй способ задания распределенной по поверхности верхней грани виброизолятора массы заключается в использовании так называемых Rigid элементов, которые связывают степени свободы конечных элементов с одним произвольным узлом, к которому и прикладывается сосредоточенная масса. Согласно большинства рекомендаций [6], к конечноэлементным программным комплексам наиболее предпочтительным является второй способ, так как позволяет избежать существования в рамках одной модели конечных элементов с сильно различающимися жесткостями, что может привести к численной неустойчивости. В статье приводятся данные, полученные с использованием Rigid элементов.

**Результаты и обсуждения.** После выполнения статического расчета линейки однослойных резинометаллических виброизоляторов без перфораций были получены грузоподъемности виброизоляторов, а последующий модальный анализ позволил получить значения первых собственных частот. Данные приводятся в Таблице 1.

**Таблица 1.** Результаты расчета для виброизоляторов без перфораций [6]

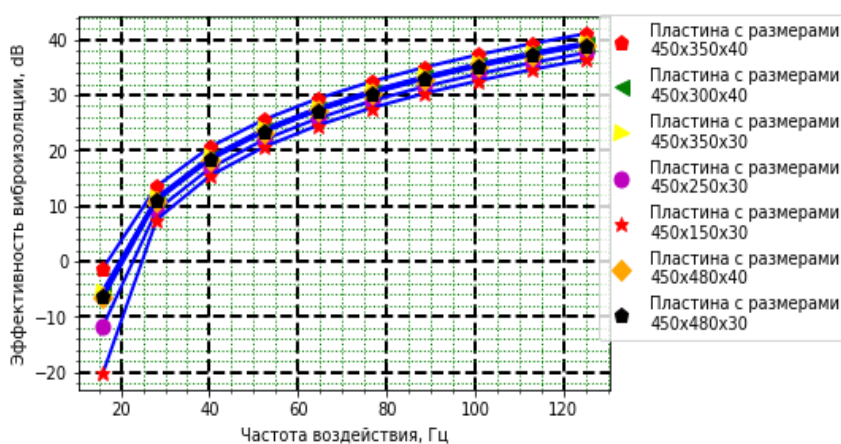
№ п.п.	Размеры	Величина вертикальной реакции, тс.	Первая собственная частота, Гц
1	450x350x40 мм	108,01 тс	11,71 Гц
2	450x300x40 мм	84,19 тс	12,85 Гц
3	450x350x30 мм	114,04 тс	12,92 Гц
4	450x250x30 мм	67,10 тс	14,24 Гц
5	450x150x30 мм	26,32 тс	15,96 Гц
6	450x480x40 мм	122,67 тс	13,21 Гц
7	450x480x30 мм	128,45 тс	13,11 Гц

Обращает на себя внимание тот факт, что для большинства образцов внутри резинового слоя наблюдается наличие зоны, в которой материал находится в состоянии близком к всестороннему сжатию. Исключением из этого правила стал образец №5, обладающий вытянутой формой и большим соотношением площади свободной боковой поверхности к площади опорных плоскостей. Данную ситуацию иллюстрирует приведенные на следующем рисунке изополя напряжения сжатия, действующего на горизонтальных площадках верхней грани.



**Рис 5.** Расположение зоны всестороннего сжатия внутри резинометаллических виброизоляторов с различными габаритами в плане [6]

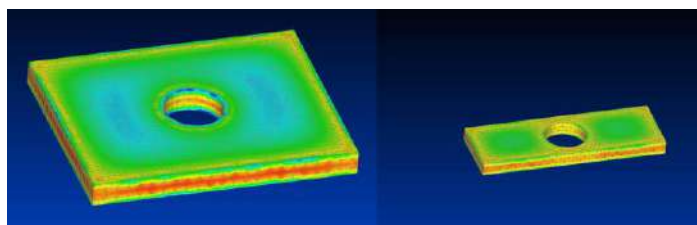
Найденные собственные частоты позволяют определить теоретическую эффективность виброзащиты по простейшей формуле, описывающей поведение одномассового осциллятора. Графики ожидаемой эффективности виброизоляции для виброизоляторов без перфораций приводятся на Рис.6.



**Рис 6.** Ожидаемая эффективность виброизоляции для полнотелых виброизоляторов для различных частот внешнего воздействия [6]

Аналогично для заданной линейки однослойных виброизоляторов с перфорациями (одной по центру) и тремя-пяти были выполнены статические расчеты и определение первых собственных частот. Результаты приводятся в Таблице 2.

Наличие перфораций значительно изменило картину распределения напряжений внутри виброизолятора, зона всестороннего сжатия уменьшилась и стала значительно менее выраженной.



**Рис 7.** Расположение зоны всестороннего сжатия для виброизоляторов с одним отверстием [6]

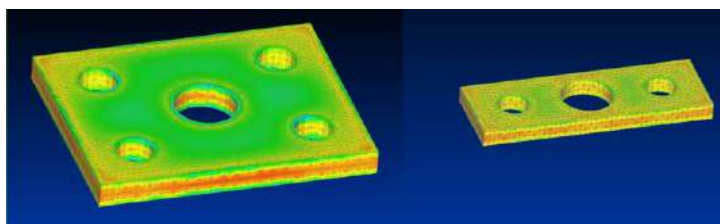


Рис.8. Расположение зоны всестороннего сжатия для виброизоляторов с несколькими отверстиями [6]

Таблица 2. Результаты расчета для виброизоляторов с одной перфорацией [6]

№ п.п.	Размеры	Величина вертикальной реакции, тс.	Первая собственная частота, Гц
1	450x350x40 мм	70,55 тс	8,31 Гц
2	450x300x40 мм	53,89 тс	6,16 Гц
3	450x350x30 мм	77,39 тс	7,41 Гц
4	450x250x30 мм	43,25 тс	7,35 Гц
5	450x150x30 мм	17,48 тс	7,31 Гц
6	450x480x40 мм	81,52 тс	6,12 Гц
7	450x480x30 мм	88,92 тс	7,37 Гц

Таблица 3. Результаты расчета для виброизоляторов с тремя-пятью отверстиями [6]

№ п.п.	Размеры	Величина вертикальной реакции, тс.	Первая собственная частота, Гц
1	450x350x40 мм	46,42 тс	6,16 Гц (пять отверстий)
2	450x300x40 мм	32,92 тс	6,16 Гц (пять отверстий)
3	450x350x30 мм	49,63 тс	7,31 Гц (пять отверстий)
4	450x250x30 мм	23,25 тс	7,28 Гц (пять отверстий)
5	450x150x30 мм	10,71 тс	7,28 Гц (три отверстия)
6	450x480x40 мм	55,70 тс	6,10 Гц (пять отверстий)
7	450x480x30 мм	59,73 тс	7,34 Гц (пять отверстий)

На следующих графиках показана зависимость несущей способности виброизолятора от величины свободной боковой поверхности резинового слоя, меняющейся за счет размещения отверстий.

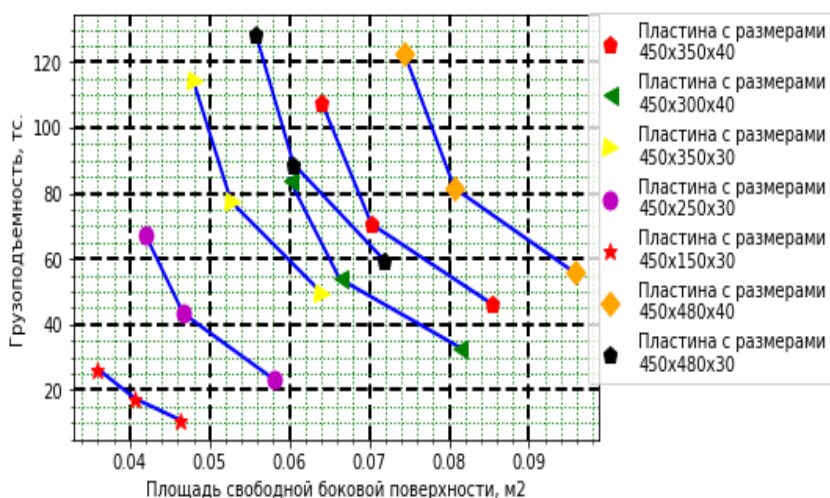


Рис. 9. Графики зависимости несущей способности виброизолятора от площади свободной поверхности [6]

Также как и для виброизоляторов без отверстий для перфорированных виброизоляторов возможно построить графики теоретической эффективности виброзащиты, рассматривая простейшую модель одномассового осциллятора Рис. 10 и Рис. 11.

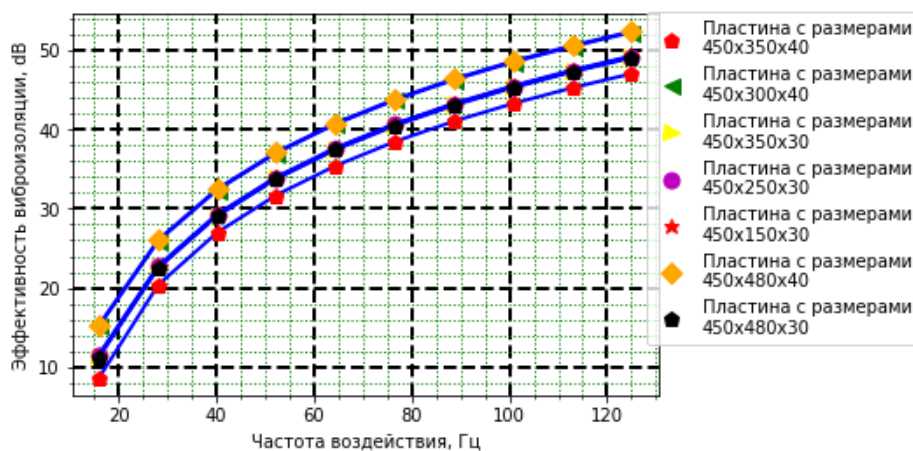


Рис. 10. Ожидаемая эффективность виброизоляции для виброизоляторов с одним центральным отверстием для различных частот внешнего воздействия [8]

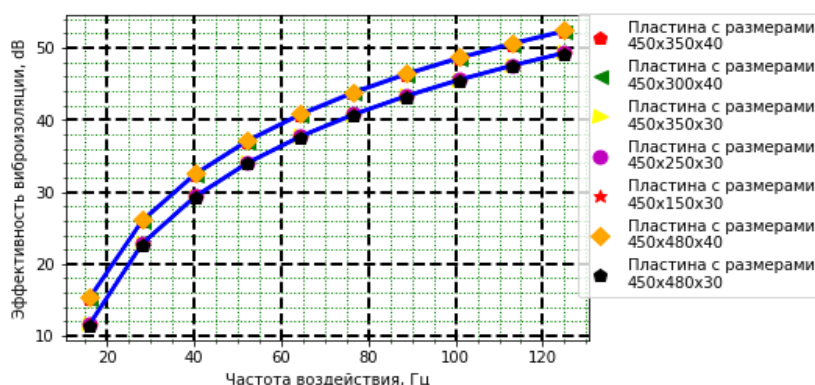


Рис. 11. Ожидаемая эффективность виброизоляции для виброизоляторов с несколькими (3 и 5) отверстиями для различных частот внешнего воздействия [6]

Для трехслойного виброизолятора с отверстиями и без также были получены значения несущей способности и значения собственных частот. Данные этих расчетов приводятся в Таблице 4. Использование программного комплекса, реализующего МКЭ в случае расчета трехслойного виброизолятора, особенно при наличии отверстий позволяет более полно описать напряженно-деформированное состояние.

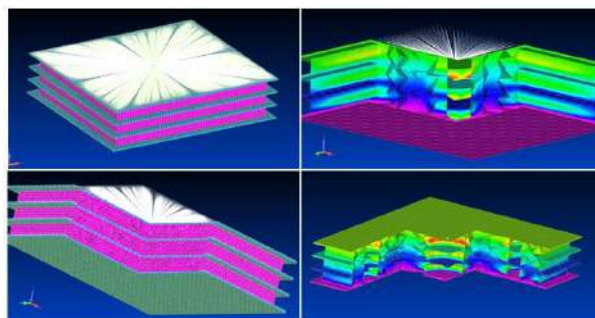


Рис. 12. Конечно-элементные модели трехслойного виброизолятора с Rigid элементами (независимый узел Rigid элемента соединен с элементом массы) [6]

Таблица 4. Результаты расчета многослойного виброизолятора [6]

№ п.п.	Размеры	Величина вертикальной реакции, тс.	Первая собственная частота, Гц
1	Три пластины 450х480х30 мм без отверстий	4,44 Гц	128,45 тс
2	Три пластины 450х480х30 мм с одним отверстием по центру	4,37 Гц	88,92 тс
3	Три пластины 450х480х30 мм с одним отверстием по центру и 4-мя в углах	4,37 Гц	59,73 тс

Для однослойного виброизолятора наличие одного отверстия, расположенного по центру зоны всестороннего сжатия приводит к значительному снижению грузоподъемности (в среднем на 30 %).

Наличие нескольких (3-5-ть) отверстий приводит к более значительному снижению грузоподъемности (в среднем на 50 %).

Для однослойного виброизолятора наличие одного отверстия повышает эффективность виброизоляции в октавной полосе 31,5 Гц в среднем на 10-11 дБ.

Наличие дополнительных отверстий, размещенных ближе к краю резинового слоя не приводит к большему увеличению эффективности. Наблюдается лишь значительное уменьшение несущей способности.

В многослойном виброisolаторе наличие, либо отсутствие отверстий сказывается в незначительной степени на эффективности работы системы виброизоляции, однако наличие отверстий, так же как и в однослойном варианте приводит к существенному сокращению несущей способности. Возможным путем преодоления данной ситуации является работа резиновых слоев в многослойных виброизоляторах при значительно больших относительных деформациях сжатия, а также использование однослойных виброизоляторов с перфорациями, но обладающими большей толщиной резинового слоя.

### Литературы

1. Дашевский М.А., Ковальчук О.А., Мондрус В.Л. Влияние поездного состава метрополитена на поведение крупнопанельных зданий повышенной этажности. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений (ССБС), Москва, 2004, №3
2. Дашевский М.А., Моторин В.В., Акимова И.В. Формирование напряжённого состояния виброизолируемого здания в процессе монтажа резинометаллических виброизоляторов// Москва, Вестник МГСУ, 2015, №12.
3. Виброзащита зданий / М.А. Дашевский, В.В. Мондрус, В.В. Моторин, Д.К. Сизов. Москва: Из-во ООО

*Məqaləyə istinad: Mondrus V.L., Sizov D.K., Kvasnikov T. Особенности расчета резинометаллических виброизоляторов с отверстиями в резиновых слоях . Elmi Əsərlər jurnalı/ Scientific works. AzMIU, s. 141-149, N2, 2023*

*For citation: Mondrus V.L., Sizov D.K., Kvasnikov T. Features of the calculation of rubber-metal vibration isolators with holes in the rubber layers. Elmi Əsərlər jurnalı/ Scientific works. AzUAC, p. 141-149, N2, 2023*

***Məqalə INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES (AERS2023) adlı konfrans materialıdır.***

<http://doi.org/1058225/sw.2023.2-150-160>

## RESEARCH OF THE EARTHQUAKE RESISTANCE OF FLAME TOWERS COMPLEX

**Mamedov Shakir Ahmad**- PhD. in tech.sc., ass.prof., Department of Exploitation and Reconstruction of Buildings and Construction, AzUAC, shakir.mamedov@azmiu.edu.az

**Aliyev İlqar Qiyas**- PhD. in tech.sc., ass.prof., Department of Exploitation and Reconstruction of Buildings and Construction, AzUAC, ilqar.aliyev@azmiu.edu.az

**Hasanova Tukezban Jafar**- PhD. in tech.sc., Department of Exploitation and Reconstruction of Buildings and Construction, AzUAC, tukezban.hasanova@azmiu.edu.az

**Abstract.** According to construction norms and rules, the territory of the Republic of Azerbaijan is a region prone to moderate and strong earthquakes. Therefore, it is of great importance to obtain information about the nature and main parameters of seismic events that may occur in the territory of the Republic of Azerbaijan and its adjacent zones, as well as to determine the seismic stability of buildings under construction and operation. It is important to conduct dynamic studies to study the stability of buildings. The theoretical calculation of the period of free oscillations of buildings based on the stiffness, mass, geometric dimensions and shape of the load-bearing system is based on an important assumption. Experimental determination of dynamic parameters is of great importance in the investigation of how the building behaves during its construction and use. It is an important issue to determine the dynamic parameters of the 16-22-story monolithic reinforced concrete frame buildings built in Baku and whose construction has become massive. By determining the dynamic parameters of buildings and comparing them with the values of normative parameters, it is possible to have certain knowledge about the earthquake resistance and condition of buildings. The object of investigation of the research work is a complex of buildings built at M. Huseyn Street, 1A, Sabail District, Baku City. In this work, research works on determining the dynamic parameters of the residential building with the mobile diagnostic complex "Struna-3 Expert" were carried out.

**Keywords:** dynamic tests, seismometric stations, construction complex, free oscillations, dynamic parameters

**Introduction.** As a result of a large number of random natural phenomena and so on (earthquake, vibration, strong wind, additional loading), the dynamic parameters of the building change. Therefore, repeating the dynamic tests for that building after a certain period of time and comparing the obtained dynamic parameters with the previous parameters can be of great importance. This will allow to reassess the durability of the residential building after a certain period of operation. Taking into account that the area is a landslide zone, it would be appropriate to conduct annual dynamic tests to determine the dynamic parameters of the stiffness characteristics of the building structures and to take strengthening measures if necessary. There is always a possibility of landslides in the area. It is important to install permanently operating engineering seismometric stations in the building and surrounding area. Tests are repeated several times to get reliable results. By using the received seismograms, the period, frequency, and longitudinal wave propagation in the building structures are determined.

*Brief information about the investigated building.* "BAKI FLAME TOWERS" construction complex is located at 1A, M. Huseyn Street, Sabail District, Baku. This building complex includes a hotel, office and residential buildings. The residential building has 38 floors. Basements are designed on 4 levels in the building. The building's stability and spatial rigidity are ensured by the joint work of reinforced concrete frames and monolithic facing plate. A general plan of the site and a general view of the residential building are shown below (Fig.1,2) [2,3].



**Figure 1.** General view of the building from different directions [2,3]



**Figure 2.** General view of the building from different directions [2,3]

*Physical-geographical and geomorphological description of the construction site.* The area where the office building is built is an area with a slope of 15-200 degrees towards the sea, in the north-east direction. In the immediate vicinity of the studied area, 50-55m. There is a sliding zone in the distance towards the north.

*Engineer-geological characteristics of the construction site.* Clay, sand, clay and limestone soils are mainly involved in the geological structure of the area. The characteristics of the base soil obtained as a result of literature materials and laboratory studies are given below (Tab. 1).

**Table 1.**

Serial number	Indicators	Averages
1	Bulk mass, g/sm <sup>3</sup>	2,14
2	Uniaxial compressive strength (in natural state) kgf/sm <sup>2</sup>	65
3	Uniaxial compressive strength (under water) kgf/sm <sup>2</sup>	48
4	Softening factor	0,74

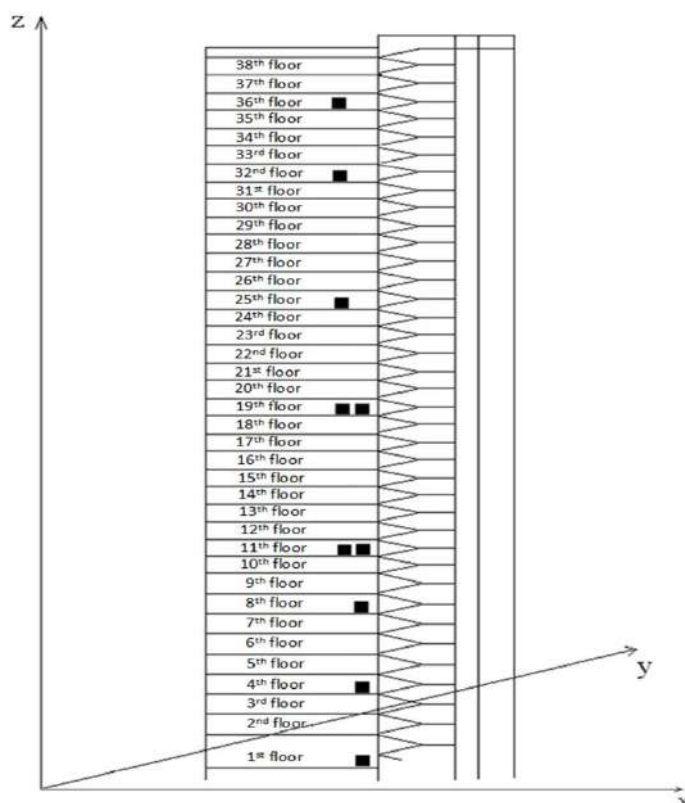
*Hydro-geology and seismicity of the construction site.* From the point of view of earthquake safety, the construction site has II-level seismic composition according to the table No. 1 of TN and Q II-0.7-81, and it has been evaluated as a 7.0-point area. During the construction of the building itself, groundwater encountered in the field is transferred through the drainage system. The correction added to the score due to soil is (0.51÷0.12) points. Thus, the maximum intensity of vibration of the area where the residential building is located from the strongest earthquakes is 7.5 points. This score (8.0) was accepted as a normative document for calculating the building.

*Experimental determination of dynamic parameters of the building.* Tests were conducted with the help of "Struna-3" type mobile diagnostic complex to detect the dynamic parameters of the building's vibration movement and the location of closed (hidden) damage in the building structures. The dynamic parameters of the building were determined experimentally by impacting the building's X and Y (longitudinal and transverse) directions with the help of a loading device on the soil of the area where the building is located (Fig.3.).



**Figure 3.** General view of the loading device [3]

Taking into account the large number of floors of the building (38 floors), the tests were performed in 2 variants. In the 1st option, the seismic receivers are placed on the 1st, 4th, 8th, 11th, and 19th floors, and in the 2nd option - on the 1st, 19th, 25th, 32nd, 36th floors. The location levels of seismographs in the building during the test are shown in figure 4.



**Figure 4.** Location levels of seismographs in the building during the test [3,4]

With the help of the loading device, blows are made in the directions of the X and Y axes of the building. The building dance begins to move. The shaking movement of the building is received by seismographs placed on different floors and recorded in a computer connected to the seismographs with the help of wires (Figure 5).

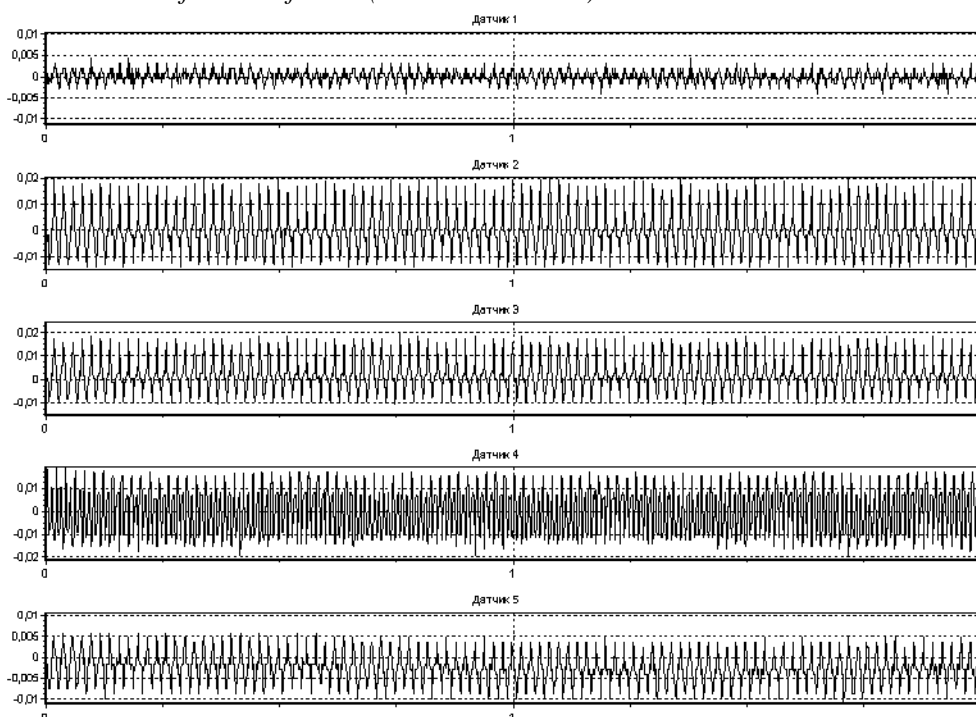




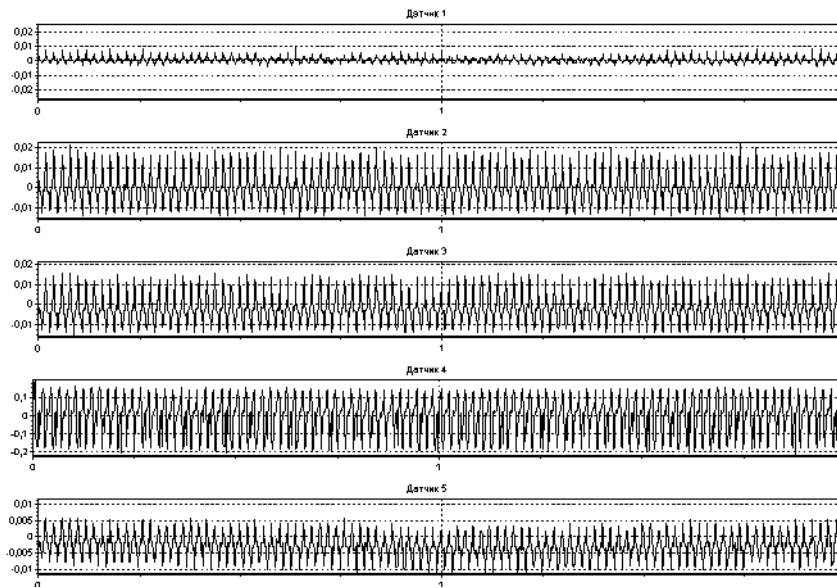
**Figure 5.** General view of the computer [3,4]

In addition to the impact methods, the recording of the building's oscillation movement due to the wind effect was also carried out (Figures 6-7). The wind speed is determined with the help of a mechanical device of type ARC-48.

*Free oscillations due to the influence of wind ( $V_k=3.0-4.0$  m/sec)*



**Figure 6.** Free oscillations along the floors of the building. X-axis oscillations test1x01x [5]

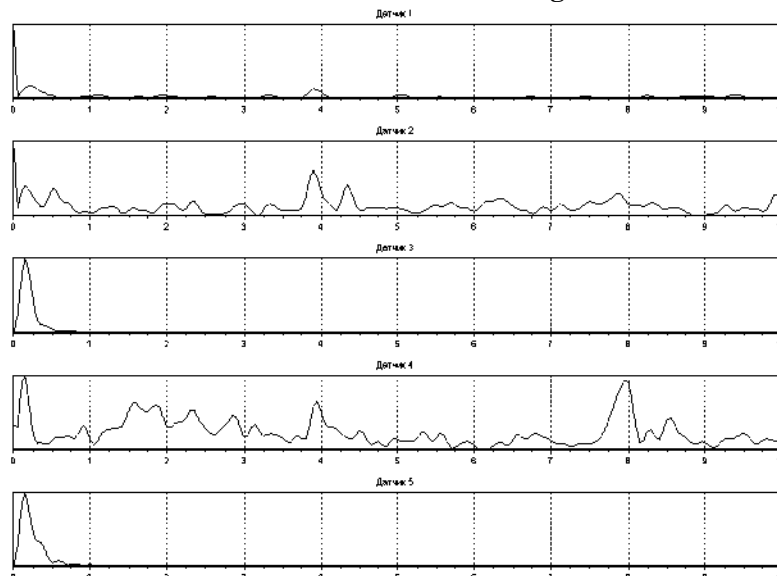


**Figure 7.** Free oscillations along the floors of the building oscillations on the Y axis. file: test 1x01y [5]

*Processing and analysis of seismograms obtained as a result of tests.* The seismographs recording the building's vibration are located on the 1st, 4th, 8th, 11th, 19th, 25th, 32nd and 36th floors of the building and are oriented along the X, Y and Z axes of the building.

The constructed spectra of the building's swaying motion caused by wind are given below (Figure 8). In the spectrum graph, the horizontal axis represents period (T) or frequency (F), and the vertical axis represents displacement (U, microns).

**Spectra of free oscillations formed in the building due to the influence of wind**



**Figure 8.** X-axis spectrum of the free oscillation of the building. file: test1x01x [5]

The constructed spectra of the building's oscillating motion caused by the impact in the X and Y direction are given below (Figure 9-12).

*Forced oscillations due to transmission of seismic impulse along the X-axis*

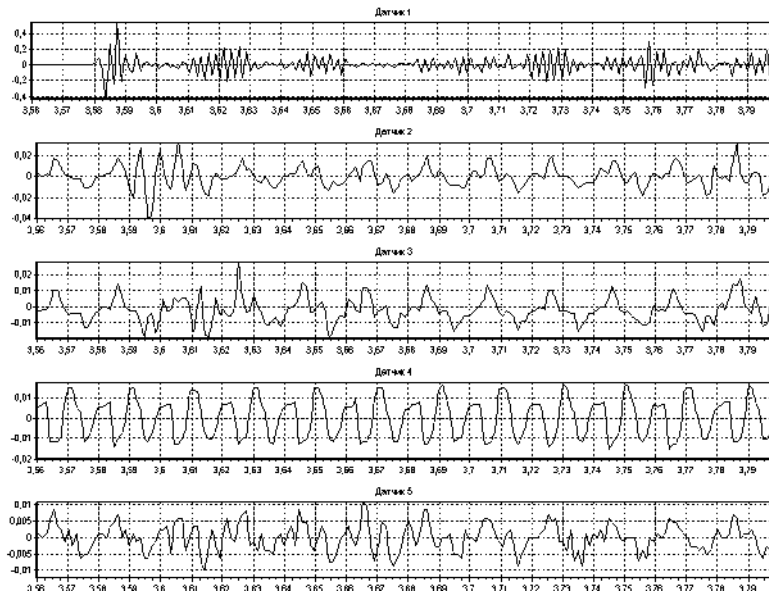


Figure 9. Free oscillations along the floors of the building. X-axis oscillations. file: test 1x1x [5]

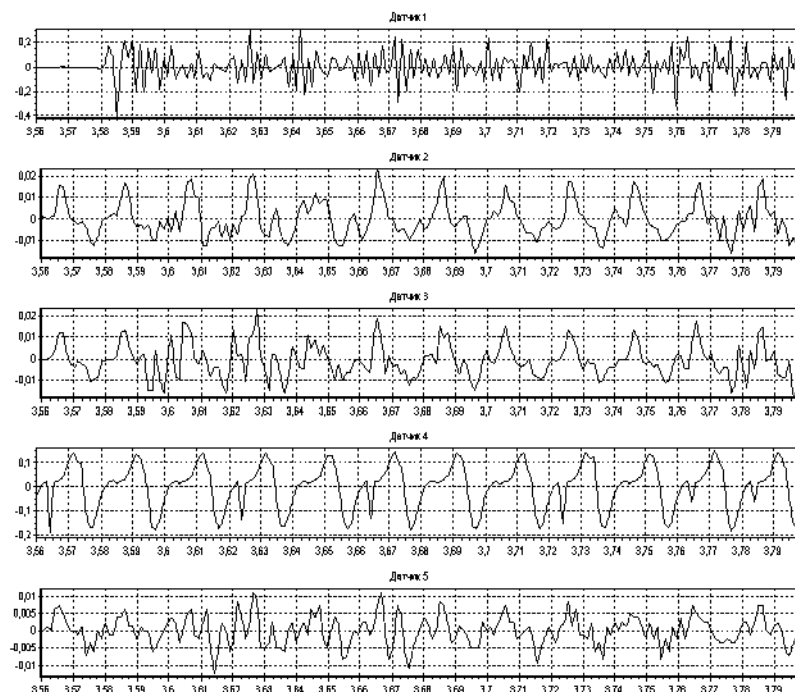


Figure 10. Free oscillations along the floors of the building oscillations along the Y axis. file: test1x1y [5]

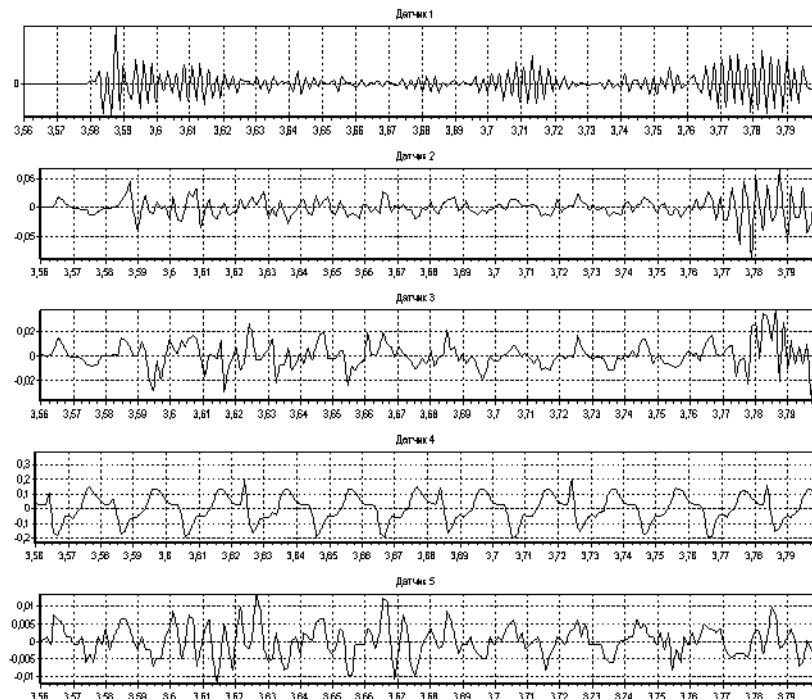


Figure 11. Free oscillations along the floors of the building Z-axis oscillations. file: test 1x1z [5]

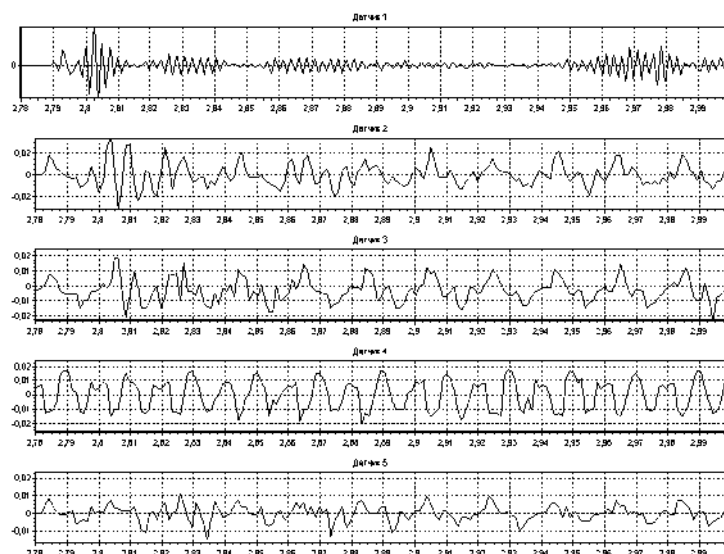


Figure 12. Free oscillations along the floors of the building X-axis oscillations. file: test 1x2x [5]

The degree of damage to the building was determined by comparing the value of the normative period of the building's vibration with the value of the period determined as a result of the tests. The empirical formula given below is used to determine the normative value of the period of the building:

$$T = \alpha \cdot n \tag{1}$$

Here: n-the number of floors of the building;  $\alpha$  - is a coefficient that depends on the construction of the building and the type of its foundation.

The value of the coefficient for the most common types of buildings in medium-density soils is determined according to the following table (Table 3).

Table 3.

Serial number	Type of building	$\alpha$ - coefficient
1	Large panel residential building	0,045
2	A residential building with load-bearing walls of brick, stone and large blocks	0,056
3	A large hollowed-out school and other buildings with walls similar to those in P 2	0,065
4	Monolithic reinforced concrete frame buildings with walls filled with brick or light concrete	0,064
5	Infilled steel frame buildings as in P 4	0,08

An increase in the period of the building is characterized by a decrease in the rigidity of the building. These quantities are inversely proportional to each other. When calculating the value of the normative period of the residential building under test, the value of  $\alpha$  should be taken  $\alpha \pm 0,011$ , in the direction of the X axis of the building and in the direction of the Y axis the value of  $\alpha$  should be taken  $\alpha \pm 0,0125$ , . Using these coefficients, let's calculate the normative values of the period along the X and Y axes of the building:

in the direction of the X axis

$$T_x^{norm} = (\alpha \pm 0,011) \cdot n$$

$$T_x^{norm} = 0,075 \cdot 38 = 2,85 san.$$

$$T_x^{norm} = 0,053 \cdot 38 = 2,01 san.$$

In the direction of the Y axis

$$T_y^{norm} = (\alpha \pm 0,0125) \cdot n$$

$$T_y^{norm} = 0,0765 \cdot 38 = 2,91 san.$$

$$T_y^{norm} = 0,0515 \cdot 38 = 1,96 san.$$

Thus, the normative values of the period in the direction of the X-axis of the building contane:

$$T_x^{norm} = 2,01 - 2,85 san.$$

And in the direction of the Y axis

$$T_y^{norm} = 1,96 - 2,91 san.$$

According to the results of the conducted test, the period (T) of the free oscillation of the building on the X, Y, Z axes is given in the table below.

Ground period: 0.22 - 0.24 sec.

According to the results of the test, the values of the amplitudes of oscillations on the floors in the direction of the X, Y, Z axes of the building are given below (Table 5).

The speed of seismic wave propagation on floors along the height of the building is given in the table below (Table 6).

Table 6

File	$t_{1-4}$ , s	$V_{1-4}$ , m/s 1st - 4th floors	$t_{4-8}$ , s	$V_{4-8}$ , m/s 4-8 floors	$t_{8-11}$ , s	$V_{8-11}$ , m/s 8-11 floors	$t_{11-19}$ , s	$V_{11-19}$ , m/s 11-19 floors	$t_{19-25}$ , s	$V_{19-25}$ , m/s 19-25 floors	$t_{25-32}$ , s	$V_{25-32}$ , m/s 25-32 floors	$t_{25-36}$ , s	$V_{25-36}$ , m/s 25-36 floors
Test 1x1 (according to x)	9	1480	0,0081	1460	0,0112	1450	0,0244	1440	0,0185	1430	0,0218	1410	0,0128	1380
Test 1x1														
Test 1x2	0 0 0 4 5	1460	0,0082	1440	0,0113	1440	0,0246	1430	0,0186	1320	0,0220	1400	0,0127	1390
Test 1y1														
Test 1y2	0 0 4 5	1470	0,0082	1450	0,0113	1430	0,0248	1420	0,0187	1410	0,0223	1380	0,0129	1370
Test 1y3														

The comparison of the price of the period obtained as a result of tests of the building with the price of the normative period allows us to come to the conclusion that they differ from each other by an average of 8.7% on the X-axis and 7.1% on the Y-axis. Based on the comparison of the value of the period of actual free oscillations obtained as a result of the tests of buildings and facilities with the normative values, their damage rates are determined according to Table 7.

Table 7.

Degree of injury	Increase in the period of free oscillations, %
1-undamaged, light	0-10
2-medium	11-30
3-strong	31-60
4-heavy	61-90
5-catastrophic	91-100

From the table and comparison, it can be seen that the degree of damage to the building can be attributed to category 1, light, undamaged. The results of the seismic wave propagation velocity in the structures by floors suggest that the velocity variation is small. The strength of concrete varies less in the upper floors than in the lower floors. As a result of the inspection, it was found that the strength of concrete is B 30.

It is possible to determine the seismic coefficient  $A$  and the dynamics coefficient  $\beta$  by knowing the experimental dynamics parameters of the building's vibration movement:

$$A = \frac{Y''}{g}; \quad \beta = \frac{1}{1 - \frac{T_{gr}^2}{T_{bn}^2}};$$

Here:  $Y''$  - ground vibration acceleration;  $g$  - acceleration of gravity;

$T_{gr}$  - dominant period of the soil;  $T_{bn}$  - the period of free oscillation of the building .

The value of  $A$  will be lower for our case. This is due to the fact that it is impossible to create an effect corresponding to points 8 and 9 with the load on the ground. The value of  $\beta$  does not depend so much on the strength of the effect. Therefore, we determine the value of  $\beta$  according to the formula given above:

a) for transverse oscillations  $\beta_{en} = 1,016$

b) for longitudinal oscillations  $\beta_{uz} = 1,017$

### Conclusion.

1. It was determined that the height of the residential building is 12.40 m above the ground. installed on the foundation layer at the level of the bottom of the pit to be dug in depth, the foundation poles of the buildings are 20-31m.

2. Taking into account the analysis and analysis of geological-geophysical, tectonic, seismological materials, the engineering-geological and hydro-geological conditions of the construction site, the change in the intensity of the earthquake impact, if the foundation is designed on clay soil through piles, the site is evaluated with 8.0 points.

3. As a result of the tests, the spectra of oscillations in the direction of the X, Y and Z axes of the building were obtained and analyzed. By impacting the soil of the area where the building is located with the help of a loading device and conducting tests under the influence of wind, the period of the building's oscillation movement is  $T_y=1.83$  sec. in the width of the building, in the Y direction,  $T_x=1.85$  sec. in the longitudinal X direction, and  $T_z=1$  in the Z direction. ,81 sec. and the dominant period of the soil is 0.22-0.24 sec. received.

4. The comparison of the period of the experimental free oscillations obtained according to the analysis and analysis of the spectra of the building oscillation with the period of the normative oscillations calculated according to the given methodology showed that these periods differ from each other by an average of 8.7% on the X-axis and 7.1% on the Y-axis. Therefore, according to Table 7, the degree of damage to the building can be classified as undamaged, light, 1st category.

5. As a result of the conducted tests, there is little change in the speed of propagation of the seismic wave on the floors of the building from the bottom to the top. This suggests that the change in strength of concrete from the bottom to the top is negligible. In other words, the brand of concrete hardly changes along the height of the building.

6. According to the obtained experimental results, the coefficients used to calculate of seismic forces are  $\beta = 1,016$  in the longitudinal direction of the building and in the transverse direction  $\beta = 1,017$  .

### References

1. AzDTN 2.3-1. Construction in seismic regions. State Urban Planning and Architecture Committee of the Republic of Azerbaijan, Baku, 33p. 2003
2. Mamedov Sh.A., Hasanova T.J. Experimental Method of a Research of Dynamic Behavior of Materials, Designs and Buildings. The 15th International Conference on Technical and Physical Problems of Electrical Engineering, Conference proceedings, 215-218p. Turkey, 14-15 october 2019
3. Mamedov Sh.A., Hasanova T.J. Investigation of Seismic Oscillations of Buildings and Structures Building Innovations, Proceedings of the II International Ukrainian-Azerbaijani Conference, Poltava, 524-53p. 23-24 May 2019
4. Mamedov Sh.A., Hasanova T.J. Experimental research of dynamic parameters of multi-storey buildings at vibrating seismic loadings. The First Eurasian Risk 2019 Conference «Innovations in Minimization of Natural and Technological Risks, Baku, 120p. 22- 24 May 2019
5. Hasanova T.J. Monitoring and earthquake engineering studies of high-rise building from dataacquisition of a seismometric station. Bulletin of the Donbass National Academy of Construction and Architecture №3(149), 65-68p. 2021
6. Çelebi, M. Identification of Site Frequencies from Building Records, Journal of EERI, Earthquake Spectra, 19(1), 1-23p. 2021
7. Dunand, F., Gueden, P., Bard, P.Y., Rodgers J., Celebi, M. Comparison of the dynamic parameters extracted from weak, moderate and strong motion recorded in buildings. First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Geneva, Switzerland, 3-8 Sept.2006
8. Safak, E., Celebi, M. Recorded Seismic Response of Pacific Park Plaza: Part II – System Identification. ASWCE Journal of Structural Engineering, June 1992

9. Şafak, E. (1997). «New directions in seismic monitoring of multi-story buildings», Structural Health Monitoring, Current Status and Perspectives, pp. 418-430
10. Kaya Y., Şafak E. Real-Time Structural Health Monitoring and Damage Detection, Topics in Dynamics of Civil Structures, vol.4, Society for Experimental Mechanics Series, 11-19p. 2013
11. Mamedov Sh.A., Hasanova T.J. (2019). «Experimental research of dynamic parameters of multi-storey buildings at vibrating seismic loadings». The First Eurasian Risk Conference Innovations in Minimization of Natural and Technological Risks, Baku, 120p, 22-24 May 2019
12. Abdurashidov K.S. Natural studies of vibrations of buildings and structures and methods for their restoration. Tashkent, 1974.

*Məqaləyə istinad: Məmmədov Ş.A., Əliyev İ.Q., Həsənova T.C. Alov qüllələri kompleksinin zəlzələyə davamlılığının tədqiqi. Elmi Əsərlər jurnalı/ Scientific works. AzMIU, s. 150-160, N2, 2023*

*For citation: Mamedov S.A., Aliyev I.Q., Hasanova T.J. Research of the earthquake resistance of flame towers complex. Elmi Əsərlər jurnalı/ Scientific works. AzUAC, p. 150-160, N2, 2023*

***Məqalə INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES (AERS2023) adlı konfrans materialıdır.***



<http://doi.org/1058225/sw.2023.2-161-164>

## INVESTIGATION OF INFLUENCE OF THE LOCAL GROUND CONDITIONS ON THE SEISMIC HAZARD OF A CONSTRUCTION SITE

**Imamaliyeva Jamila Nusrat-** PhD in tech.sc., ass.prof., Department of Exploitation and reconstruction of buildings and constructions, AzUAC, ncamila@rambler.ru

**Abstract.** When studying seismic hazard, it is necessary to evaluate the local effect of earthquakes. The main factors that determine the parameters of surface vibrations during earthquakes include local effects associated with the response of the soil, the effects of surface topography and the topography of internal boundaries (heterogeneities, inclusions, sedimentary basins, etc.). At present, methods for reliable estimation of these effects have been developed in seismology. Knowledge of the probabilistic parameters of surface vibrations is necessary to calculate the reaction spectra, dynamic stresses and deformations that can cause destruction of buildings, to assess the possibility of soil liquefaction. The article examines the influence of local soil conditions on the seismicity of a construction site during an earthquake. To assess the seismic stability of structures erected on a layered foundation, it is necessary to investigate the influence of local soil conditions on surface vibrations during an earthquake. The influence of local soil conditions on the change in the characteristics of vibrations of the surface of the construction site of a structure during an earthquake is the result of a complex process of the passage of seismic waves. The resulting seismic effect of the construction site is affected by the parameters of the initial seismic load and the characteristics of the soil layers underlying the base. Under certain ground conditions, dynamic amplification or attenuation can occur in the form of a change in the amount of peak acceleration or the duration of oscillations. The layers of the underlying soil are capable of changing the frequency characteristics of the oscillations of the seismic wave coming to them. The result of such changes may be an increase in oscillations in certain frequency ranges, which may coincide with the natural frequencies of the erected structure, which leads to resonance effects.

**Keywords:** vibration spectra, soil conditions, frequency range, seismic oscillations, earthquake-resistant construction

**Introduction.** Analysis of earthquake consequences shows that ground conditions affect damage to buildings and structures in seismic areas, with the physical and mechanical properties of soils, which characterize the ability of a given soil to perceive and transmit seismic waves excited by an earthquake, being of primary importance. The causes of the influence of ground conditions on the destructive effects of earthquakes are related to the dynamic characteristics of soils in the surface layers of the Earth, located on the bedrock of deeper layers, as well as the bearing capacity of soils themselves. As studies show, the presence of weaker soils over dense rocks leads to an increase in the intensity of vibrations at the surface.

**Methods.** The use of data on the frequency characteristics of the soil layer at the base of buildings and structures is necessary to ensure high seismic resistance and minimize the cost of seismic protection measures. In seismic microzoning, to determine the vibration frequencies of the main types of buildings, structures and structures (Table 1) and the maximum vibration spectra during strong earthquakes [1,2], the frequency range from 0.05 Hz to 20 Hz is studied.

**Table 1.** Approximate values of natural oscillation frequencies [3]

<i>Building type</i>	<i>Dominant frequency (Hz)</i>
Single storey buildings	10
3-4 storey buildings	2
Tall buildings (10÷20 floors)	0,5 ÷ 1,0
High rise buildings	0,17

The amplitude-frequency characteristic of the soil stratum under the construction site can be obtained instrumentally using records of earthquakes or microseisms.

In areas with low seismicity, registration of earthquake oscillations is not always possible, therefore, seismic observations at the construction site are carried out using microseismic registration. The registration of high-frequency microseisms gives approximate values of the frequency response of the soil stratum, therefore, in this case, only the increase in seismic intensity is estimated in points of the macroseismic scale.

Engineering-geological and seismological data on the structure, physical and mechanical properties of the soil stratum of the construction site make it possible to build seismo-geological models and calculate the frequency characteristics of the soil base of the construction site under study using the Thompson-Haskell matrix method [4].

In the practice of seismic microzoning, the mechanisms of linear transformations of seismic waves in the near-surface soil layer, which lead to increased oscillations and resonance phenomena, have been sufficiently studied. To model the behavior of the soil stratum under seismic impacts, a linear or non-linear approach is used. During an intense earthquake, the proportionality between stresses and strains is violated, a saturation phenomenon occurs, when the stress increases more slowly than at lower strains, therefore these phenomena cannot be described by the linear theory of elasticity. The stress value at which the proportionality of the dependence between stresses and strains disappears is the threshold of elasticity. The elasticity threshold for different categories of soils is different [5] and is determined by the absorption of seismic energy by soils [6]. Therefore, to analyze the response of soil to seismic impacts, considerable attention has recently been paid to nonlinear approaches [5,6,7,10-11]. Under high-intensity seismic impacts, the nonlinear approach to the response of the soil stratum will depend on the magnitude of seismic deformations [12, 13]. An incorrect approach to modeling the response of soil to seismic effects from earthquakes will lead to inaccurate values of the resonant frequencies of the soil stratum, which during an earthquake can lead to the destruction of the building due to resonance effects not taken into account in the design.

In the world practice of earthquake-resistant construction, equivalent linear modeling of the soil response to seismic actions is widely used [5], where the soil is considered as a linear viscoelastic material, and its nonlinear properties are taken into account by introducing the dependences of the shear modulus and absorption coefficient on the amplitude of shear deformation. Such dependences are selected for each layer of the soil stratum model separately for the data obtained as a result of laboratory or field studies [2,5].

**Conclusions.** Analyzing real records of strong earthquakes, as well as the results of numerical simulation [12], we can conclude: Nonlinearity of the response of the near-surface ground strata leads to changes in the spectral composition of seismic vibrations, and to changes in the amplification of seismic vibrations [12].

At high intensity of oscillations nonlinear absorption mechanisms begin to operate, which lead to attenuation of oscillations at high frequencies, but do not attenuate at the same time low-frequency oscillations. Changes in the spectral composition of oscillations at the surface, associated with the nonlinearity of the response of the ground strata, manifest themselves in a shift of the resonance frequencies to the low-frequency region. The amplification of seismic oscillations at the surface decreases due to the nonlinearity of the ground response compared to the linear response in dry soils (when groundwater is at a depth of 10 m or more). In water-saturated soils (when the water table is less than 10 m deep), this enhancement is less noticeable.

When modeling the response of soils to seismic effects, for soils of category I according to the classification of the Building Code AzDTN 2.3-1 "Construction in seismic areas", a linear dependence between stresses and strains may be used. For soils of category II, a linear dependence on intensity of 8 points may be assumed. And for soils of categories III and IV - non-linearity should be taken into account starting from 6-7 points.

Soils of the construction site are classified upon their seismic characteristics to I, II, III and IV classes (Table 1).

Table 1.

Category of Soil	Soils	The velocity of seismic wave, V, m/s	N <sub>spt</sub> Stroke quantity	Calculated resistance of soil R <sub>0</sub> , kq/cm <sup>2</sup>
I	All type of solid rocks, sand rock, Soils (with net mass > 2,2t/m <sup>3</sup> ) which 70 % broken from rock pieces and 30% consist of sand clay mixture	>800	- -	>10,0
II	I class soil, but detrited, with emptiness in its structure; Less damp or damp, with big or medium density, Big or small grainy sands, Pebbly sands with consistency coefficient $il < 0,5$ ; porosity coefficient $e < 0,9$ Hard clays	500÷800	>50	3,0÷10,0
III	Damp, small grainy, sands with small density, consistency coefficient $il < 0,5$ porosity coefficient $e < 0,9$ half solid clays	200÷500	15÷50	1,5÷3,0
IV	Fine sands, sandy soils not depending from density of grain and saturated with water; dusty clays with consistency coefficient $il < 0,5$ ;	<200	<15	<1,5

Linear modeling in seismic microzonation of construction sites is recommended only for soils of categories I and II. And for soils of categories III and IV, their possible nonlinear behavior should be taken into account. It should be taken into account that the accumulation of seismic energy (resonance effects) significantly depends on the duration of seismic oscillations, i.e., in local earthquakes, resonance effects are less dangerous than in strong subcrustal earthquakes.

To ensure high seismic resistance and minimize the cost of seismic protection measures, it is necessary to use data on the frequency characteristics of the ground strata at the base of buildings and structures to exclude the coincidence of natural periods of seismic vibrations, reinforced by local ground conditions with natural periods of buildings and structures vibration.

### References

1. Aki K., Irikura K. (1991). «Characterization and mapping of earthquake shaking for seismic zonation». Proceedings of the 4th International Conference on Seismic Zonation. August 25– 29. Stanford. California. V. 1. P. 61–110.
2. Pavlov O.V. (1988). «Assessment of the impact of soil conditions on seismic hazard». Methodological guide to seismic microzoning. - M.: Nauka, - 223 p.
3. Bard P.Y. (1995). «Effects of surface geology on ground motion: Recent results and remaining issues». Proceedings of the 10th ECEE / Ed. Duma. Balkema. Rotterdam. pp. 305– 324.
4. Seed H.B., Idriss I.M. (1982). Ground motion and soil liquefaction during earthquakes. Earthquake Engineering Research Institute. 1982.

6. Yoshida N., Iai S. (1998). «Nonlinear site response and its evaluation and prediction». The effects of Surface Geology on Seismic Motion / Eds. Irikura, Kudo, Okada, Sasatani. Balkema. Rotterdam. p. 71–90.
7. Kramer S.L (1996). «Geotechnical Earthquake Engineering». - N.J., Prentice Hall, Upper Saddle River- 672 p.
8. Seed H.B., Idriss I.M. (1971). «Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential». - Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE. V.97, № SM9, pp. 1249-1273.
9. Semenova Yu., Kendzera A (2019). Calculated accelerograms for the direct dynamic method of determining seismic loads // Conference Proceedings, 18th International Conference on 5. Geoinformatics – Theoretical and Applied Aspects, May 2019, Volume 2019, p.1 – 5
10. Voznesensky E.A., Kushnareva E.S., Funikova V.V. (2014). «Nature and patterns of attenuation of stress waves in soils». - M.: FLINT Publishing House, - 104 p.
11. Zaalishvili V.B. (2009). «Seismic microzoning of the territories of cities, settlements and large construction sites». - M.: Nauka, - 350 p.
12. Pavlenko O.V. (2009). «Seismic waves in soil layers: nonlinear behavior of soil during strong earthquakes in recent years». M.: Scientific world- 260 p.
13. Semenova Yu. V., (2015). «Modeling of soil response during seismic microzoning of construction sites». Geophysical Journal №6, V. 37, pp. 137–153

*Məqaləyə istinad: Imamaliyeva J.N. Investigation of influence of the local ground conditions on the seismic hazard of a construction site. Elmi Əsərlər jurnalı/ Scientific works. AzMIU, s. 161-164, N2, 2023*

*For citation: İmamaliyeva C.N. Yerli qrunut şəraitinin tikinti sahəsinin seysmik təhlükəsinə təsirinin tədqiqi. Elmi Əsərlər jurnalı/ Scientific works. AzUAC, p. 161-164, N2, 2023*

***Məqalə INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES (AERS2023) adlı konfrans materialıdır.***

## DETERMINATION OF THE GROUND VIBRATION WAVELENGTH BY EARTHQUAKE FREQUENCY

**Hasanova Tukezban Jafar**- PhD in tech.sc., Department of Exploitation and Reconstruction of Buildings and Construction, AzUAC, [tukezban.hasanova@azmiu.edu.az](mailto:tukezban.hasanova@azmiu.edu.az)

**Mammedli Tural Shakir**- PhD student, Department of Exploitation and Reconstruction of Buildings and Construction, AzUAC, [tural.mamedli@azmiu.edu.az](mailto:tural.mamedli@azmiu.edu.az)

**Abstract.** The study of the earthquake phenomenon has recently been of interest in connection with the increasing frequency of earthquakes. Seismic microzoning evaluates the influence of local engineering-geological conditions of a construction site on the parameters that determine the nature of the destruction of buildings and structures under specific soil conditions. These parameters include the intensity, the form of recording and the spectrum of vibrations of the upper part of the soil section during possible earthquakes. Since in some cases resonant effects can occur in soils (significant amplification of oscillations at specific frequencies) even under favorable (in terms of seismic rigidity) site conditions, the seismic safety of buildings or structures built on it is not guaranteed. In earthquake-resistant construction, it is necessary to know the magnitude of the intensity of vibrations, the values of maximum accelerations and the distribution of seismic effects in frequency. The soils on which structures stand affect the vibrations of these structures. When calculating the structure-foundation oscillatory system for all modes, the forecast of its resonant frequencies and peak displacement amplitudes, considered as limiting - the most unfavorable conditions for the operation of the structure, is of great importance. In the spectrum of a seismic wave, there are fluctuations with frequencies close to the natural frequency of a number of structures, which for different modes often ranges from fractions to a few hertz (characteristic periods from 0.2 to 2 s). At resonance, stresses increase at the contact of the foundation with the soil, and in the structure of the structure, the probability of its destruction increases. For the first time, the formation oscillation is described in the work, the frequency of oscillations from the wavelength is determined. The equation of oscillation of an elastic body is taken as a basis. The case of functions periodic in  $X$  and an arbitrary variable in height and depth is considered.

**Keywords:** wavelength, seismic effect, elastic soil, inertial forces, oscillation period, angular frequency

**Introduction.** The resonant amplification of pendulum oscillations is especially dangerous when the center of gravity of the structure is significantly removed from its fulcrum, which is typical for bridge supports, pipes and high-rise buildings. The seismic effect is determined by three parameters: 1. amplitude level; 2. prevailing period; 3. duration of fluctuations. The duration of vibrations can be critical to the stability of structures short-term high acceleration loads may not be dangerous for many of them. The longest period of the Earth's oscillations is about 1.5 hours. The periods of oscillations of the Earth's layers during earthquakes are of the order of a fraction of a second. Therefore, it can be assumed that earthquakes are independent of the Earth's vibrations. In the work under study, the reservoir is considered independently of the Earth's oscillations. Estimated values of ground displacement parameters during earthquakes (table 1).

**Table 1.**

Earthquake intensity in points (MSK-64 scale)	Ground displacement acceleration, $\text{sm/s}^2$	Ground displacement speed, $\text{sm/s}$	Horizontal ground displacement, mm
VI	30-60	3-6	1,5-3
VII	61-120	6,1-12	3,1-6
VIII	121-240	12,1-24	6,1-12
IX	241-480	24,1-48	12,1-24

**Methods.** A layer of earth with a thickness of  $y_0$  is considered, there are no stresses on the surface,  $\sigma_{xy} = 0$  and  $\sigma_{yy} = 0$ ; at the base  $v = 0$  and  $\sigma_{xy} = 0$ , i.e. there is no vertical displacement and the ground slides freely in the horizontal direction (Fig. 1)

**Horizontal ground slip.** Solutions of wave equations in polar coordinates  $r, \theta$  are found

$$a^2 \Delta \varphi - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = 0 \quad (1)$$

$$b^2 \Delta \psi - \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = 0$$

under boundary conditions on the surface of cylindrical inclusion

$$U(t) = H(t) V_0 \quad (2)$$

in the form of

$$u_t = \frac{2r_0 V_0 \sqrt{ab}}{\pi} \left( \frac{1}{ab} (A_1(a, b) - \frac{a+b}{r_0 \mu} \int_{\frac{r-t_0}{a}}^t A_1(a, b) \mu d\tau) + \right.$$

$$+ \frac{1}{br\mu} \int_{\frac{r-t_0}{a}}^t A_2(a, b) \mu d\tau + \frac{2}{ar_0 \mu} \cdot \int_{\frac{r-t_0}{a}}^t A_3(a, b) \mu d\tau + \frac{2}{r_0 r} (A_4(a, b) -$$

$$- \frac{a+b}{r_0 \mu} \int_{\frac{r-t_0}{a}}^t A_4(a, b) \mu d\tau) - \frac{1}{ar\mu} \int_{\frac{r-t_0}{b}}^t A_2(b, a) \mu d\tau - \frac{2}{r_0 r} (A_4(b, a) -$$

$$- \frac{a+b}{r_0 \mu} \int_{\frac{r-t_0}{b}}^t A_4(b, a) \mu d\tau) \left. \right) \quad (3)$$

where:  $\varphi$  and  $\psi$  - potential functions, described waves the transferring volume expansion and rotation;

magnitudes  $a = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}}$  and  $b = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$  are determine the velocity of propagation of waves of

expansion and waves of rotation;  $\lambda$  и  $\mu$  - constants of Lama;  $\rho$  - density of medium;  $\Delta$  - Laplacian;  $V_0$  – constant speed of cylindrical inclusion;  $H(t)$ - Hevisayd's unit function, determined by a formula

$$H(t) = \begin{cases} 1, & t > 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases} \quad (4)$$

**Results.** For simplicity, a two-dimensional problem for an elastic soil is considered. The equations of motion are

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = (\lambda + 2\mu) \nabla^2 u \quad (5)$$

$$\rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = (\lambda + 2\mu) \nabla^2 v \quad (6)$$

where  $\rho$  – soil density,  $\lambda, \mu$  – Lamé's constants,  $t$  - time,  $u, v$  – displacements in horizontal and vertical directions.  $\nabla^2 = \frac{\partial}{\partial x^2} + \frac{\partial}{\partial y^2}$ ,  $\lambda$  and  $\mu$  are considered permanent.

Assuming that there is an oscillatory motion with an angular frequency and a standing wave length  $l$ , we have

$$u = U \sin \omega t \cos \frac{2\pi}{l} x \quad (7)$$

and

$$v = V \sin \omega t \sin \frac{2\pi}{l} x \quad (8)$$

where  $u$  and  $v$  – fuction of  $y$ .

Substituting (7) and (8) in (5) and (6), we obtain

$$-\rho \omega^2 U = (\lambda + 2\mu) \left[ -\left(\frac{2\pi}{l}\right)^2 U + U'' \right] \quad (9)$$

$$-\rho\omega^2 V = (\lambda + 2\mu) \left[ -\left(\frac{2\pi}{l}\right)^2 V + V'' \right] \quad (10)$$

Solving equations (9) and (10) relatively to  $u$  and  $v$ , we obtain

$$\begin{aligned} u &= c_1 \sin \Omega y + c_2 \cos \Omega y \\ V &= D_1 \sin \Omega y + D_2 \cos \Omega y \end{aligned} \quad (11)$$

where

$$\Omega \sqrt{\frac{\rho\omega^2}{\lambda+2\mu} - \left(\frac{2\pi}{l}\right)^2}$$

Shear stress

$$\sigma_{xy} = \mu \varepsilon_{xy} = \mu \left( \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) = \mu \left( \frac{2\pi}{l} V + u' \right) \sin \omega t \cos \frac{2\pi}{l} x \quad (14)$$

Satisfying the conditions at the lower bound:  $y = 0, v = 0, \sigma_{xy} = 0$ , we get

$$D_2 = 0; \quad c_1 = 0 \quad (15)$$

On the upper border  $y = y_0, \sigma_{xy} = 0, \sigma_{yy} = 0$ , we get

$$\sigma_{xy} \Big|_{y=y_0} = \mu (D_1 \sin \Omega y_0 - \Omega c_2 \sin \Omega y_0) \sin \omega t \cos \frac{2\pi}{l} x = 0$$

or

$$\frac{2\pi}{l} D_1 - \Omega c_2 = 0 \quad (16)$$

From (11) and (15) expressions

$$\begin{aligned} U &= c_2 \cos \Omega y_0 \\ V &= D_1 \sin \Omega y_0 \end{aligned} \quad (17)$$

Further

$$\begin{aligned} \sigma_{yy} &= \lambda \Delta + 2\mu \varepsilon_{yy} = \lambda \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + 2\mu \frac{\partial v}{\partial y} = \left[ \lambda \left( -\frac{2\pi}{l} U + V' \right) + 2\mu V' \right] \sin \omega t \cos \frac{2\pi}{l} x \\ &= \left[ -\frac{2\pi}{l} \lambda c_2 \cos \Omega y_0 + (\lambda + 2\mu) \Omega D_1 \cos \Omega y_0 \right] \sin \omega t \cos \frac{2\pi}{l} x - \frac{2\pi}{l} \lambda c_2 + (\lambda + 2\mu) \Omega D_1 \\ &= 0 \end{aligned} \quad (18)$$

From (16) and (18) expressions

$$\omega^2 = \frac{2(\lambda + \mu)}{\rho} \quad (19)$$

where  $\nu$  – frequency

$$\nu = \frac{\omega}{2\pi}$$

**Conclusions.** In this paper, for the first time, the formation oscillation was presented, the frequency of oscillations from the wavelength was determined. The layer of earth under the construction site acts as a filter: at some frequencies, the soil layer transmits vibrations almost unchanged, while at others it amplifies or absorbs vibrations. When designing earthquake-resistant buildings and structures, it is important not to allow the maxima of the frequency response of the soil layer to coincide with the natural frequencies of buildings and structures. To determine the amplitude-frequency characteristic of the soil stratum, frequencies corresponding to resonant forces are considered. The frequencies to which the resonant amplifications correspond can be determined from the amplitude-frequency characteristic of the soil stratum. In this case, it is desirable to consider a wide frequency range from 0.05 to 20 Hz. This range is of the greatest interest in seismic microzoning, since it contains the vibration frequencies of the main types of buildings, structures and their critical structures, as well as the maxima of the vibration spectra during strong earthquakes.

## References

1. Hasanova T.J. Experimental research of the dynamic parameters of high-rise skeleton-type building at vibrating seismic loadings. World Forum Natural cataclysms and global problems of the modern civilization, 189p. 19-21 September 2011
2. Hasanova T.J. «Research of movement of the viscous elastic fixed vertically located cylinder in liquid with the free surface under the influence of the seismic waves». Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, N7-8, July-August, 28-34p. 2016

3. Hasanova T.J. Interaction of an acoustic wave with an oscillator». Journal "Bulletin of the International Association of Experts in Earthquake Construction. N3, 8-14p. 2017
4. Mamedov Sh.A., Hasanova T.J. (2019). «Experimental Method of a Research of Dynamic Behavior of Materials, Designs and Buildings», The 15th International Conference on Technical and Physical Problems of Electrical Engineering, Conference proceedings, Turkey, 215-218p. 14-15 October 2019
5. Hasanova T.J. Investigation of Seismic Oscillations of Buildings and Structures. Building Innovations-2019, II International Ukrainian-Azerbaijani Conference Proceeding, Poltava, 524-531p. May 23-24, 2019
6. Agalarov J.H., Rustamova M.A., Hasanova T.J. The propagation of nonlinear waves in structures. Structural mechanics of engineering constructions and buildings, N15(4), 65-67p . 2019
7. Şafak, E. Local site effects and dynamic soil behavior, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Elsevier Science Ltd., vol.21, 453-458p. 2001
8. Hu, R.-P.; Xu, Y.-L. SHM-Based Seismic Performance Assessment of High-Rise Buildings under Long-Period Ground Motion. 145p. 2019
9. Seed HB, Idriss IM. Ground motion and soil liquefaction during earthquakes. Oakland, CA: Earthquake Engineering Res. Institute Monograph. 1982
- 10.Şafak E. Importance of surface waves for tall buildings, Journal of Engineering and Applied Sciences, vol.1, N1, 33-42p. 2007
11. Kolsky, G. Stress waves in solids. I.L. Moscow. 109p. 1995
- 12.Sadovsky, M.A., Golubeva, T.V., Pisarenko, V.F. Characteristic dimensions of rock and hierarchical properties of seismicity. Izv. USSR Academy of Sciences, Physics of the Earth, 3-15p. 1984
13. Yunga, S.L. Methods and results of studying of seismotectonic deformations. M: Science. 191p. 2000
14. Yunga, S., Lutikov, A. Non double couple seismic sources, faults interaction and hypothesis of self-organized criticality. Natural hazards and Earth system sciences, N5. 11-15p. 2005
15. Xu, G. X., Yao, L. K., Li, Z. H. and Gao, Z. N. Dynamic response of slopes under earthquakes and influence of ground motion parameters. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, vol.30, №6, 918–923p. 2008
16. Raghunandan, M., Liel A.B. Effect of ground motion duration on earthquake-induced structural collapse. Structural Safety, vol.41, 119–133p. 2013

*Məqaləyə istinad: Həsənova T.C., Məmmədli T.S. Zəlzələ tezliyi ilə yerin vibrasiya dalğa uzunluğunun təyini. Elmi Əsərlər jurnalı/ Scientific works. AzMIU, s. 165-168, N2, 2023*

*For citation: Hasanova T.J., Mammedli T.S. Determination of the ground vibration wavelength by earthquake frequency. Elmi Əsərlər jurnalı/ Scientific works. AzUAC, p. 165-168, N2, 2023*

***Məqalə INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES (AERS2023) adlı konfrans materialıdır.***



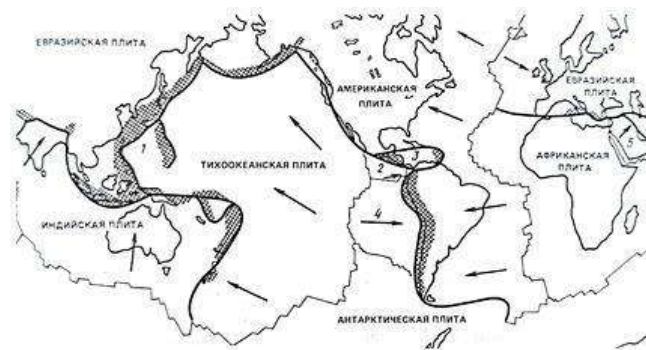
## SEISMIC IMPACT ON HYDRAULIC STRUCTURES

**Piriyev Aydin Yunus-** candidate of technical sciences, senior teacher, AzUAC, aydinerki@gmail.com

**Introduction.** About 30% of the territory of Azerbaijan is located in the zone of seismic activity. In the Alpine-Himalayan geosynclinal belt, where Azerbaijan is located, the movement of lithospheric plates continues, as a result of these movements, tectonic faults, uplift of mountains, and depressions of the plain were formed [1]. The causes of earthquakes have been the subject of study since ancient times. Many ancient scientists expressed various hypotheses about the causes of earthquakes, but this issue was most fully considered by Aristotle [2,3]. He believed that the cause of earthquakes is the movement from the depths, spirit, solid matter, and he saw proof of this position in volcanic activity. In many parts of the world, earthquakes are also caused by volcanic activity. Earthquakes occur and as a result of human activity, powerful explosions (especially nuclear ones), the construction of large reservoirs, et al.

In 1910, A. Wagner suggested that once all the continents were part of a single supercontinent [4]. This hypothesis has become a proven theory, called the theory of plate tectonics, the main content of which is that the outer shell of the Earth (the lithosphere) consists of several large and strong plates moving one relative to the other. The thickness of the plates is about 80 km [4]. In the zones of their contact with each other, rocks are under the influence of large tectonic forces, causing physical and even chemical changes in them. The plate system itself is undergoing constant change.

Among the plates currently distinguished are Eurasian, African, Pacific, North and South American, Indo-Australian, etc. At a depth of 650-700 km, the plate material is completely absorbed by deep rocks and mixed with them [5].



**Figure 1.** Plate tectonics Small plates: 1-Filipino, 2-Coconut, 3-Caribbean, 4-Nasca, 5-Arabian [5]

Tectonic earthquakes usually have the greatest force. They arise when the stresses that arise in the rock of the earth's crust do not have time to relax and exceed the strength of the rocks, resulting in a rupture, a shift in the form of a fault and reverse. The appearance of faults in rocks is accompanied by the release of accumulated elastic energy, i.e. occurs due to elastic deformation.

The rupture plane, together with the area around it, is called the source (sometimes focus) or hypocenter of an earthquake. The surface of the earth's crust above the hypocenter-epicenter.

According to the depth of the foci (foci), earthquakes are classified into deep-focus - with a depth of 300-700 km, intermediate - with a depth of 60-300 km, normal - with a depth of less than 60km [6]. The greatest destruction is caused by shallow-focus earthquakes (with hypocenters at a depth of no more than 15 km) [6].

The development of environmental oscillations, caused by part of the released elastic energy, is accompanied by the propagation of three main types of elastic waves. Of these, only two types of waves propagate inside the volume of rocks: longitudinal or primary (P) whose movement has the same character as sound waves, slower transverse or secondary (S) transverse waves do not pass through those parts of the Earth that consist of

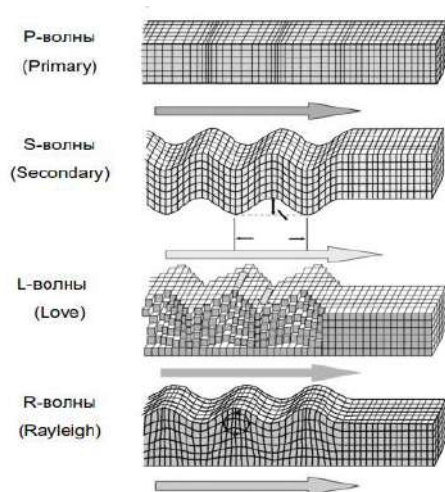
**Table 1.** Elastic wave propagation velocities in rocks [8]

Soils and rocks	Specific gravity, $\rho_1, \text{кН/м}^3$	Velocity of elastic waves, км/с		$\frac{v_S}{v_P}$
		Longitudinal $v_P$	transverse $v_S$	
Bulk loose (sands, sandy loams, loams) unsaturated	14 – 17	0,1 – 0,3	0,07 – 0,15	0,62 – 0,4
gravel-sandy	16 – 19	0,2 – 0,5	0,1 – 0,25	0,62 – 0,4
Sandy:				
dry	14 – 17	0,15 – 0,9	0,13 – 0,5	0,62 – 0,55
medium humidity	16 – 19	0,25 – 1,3	0,16 – 0,6	0,55 – 0,4
water-saturated	17 – 22	0,3 – 1,6	0,2 – 0,8	0,4 – 0,1
Sandy loam, loam	16 – 21	0,3 – 1,4	0,12 – 0,7	0,6 – 0,3
Glia:				
wet, plastic	17 – 22	0,5 – 2,8	0,13 – 0,2	0,4 – 0,1
dense, semi-hard, hard	19 – 26	2,0 – 3,5	1,1 – 2,0	0,62 – 0,4
Loess	13 – 16	0,38 – 0,4	0,13 – 0,14	0,35
semi-rocky and rocky:				
1) marl	18 – 26	1,4 – 3,5	0,8 – 2,0	0,62 – 0,4
2) sandstone:				
loose weathered	17 – 20	1,0 – 3,0	0,6 – 1,8	0,55 – 0,3
dense	20 – 26	2,0 – 4,3	1,1 – 2,5	0,62 – 0,55
3) limestone durable	20 – 30	3,0 – 6,5	1,5 – 3,7	0,62 – 0,55
4) shales	20 – 28	2,0 – 5,0	1,2 – 3,0	0,62 – 0,2
Igneous and metamorphic rocks: fractured (gneiss, basalt, diabase, et al.) non-fissured (granites, gneisses)	24 – 30 27 – 33	3,0 – 5,0 4,0 – 6,5	1,7 – 3,0 2,7 – 4,3	0,58 – 0,48 0,65 – 0,58

The propagation speed of these waves depends on the density of the rocks through which they pass. The speed of propagation of the P-wave is about 8 km/sec, the transverse S-wave is 4.5 km/sec. Using the relations of the theory of elasticity, it is possible to connect the elastic characteristics of the earth's crust with the propagation velocity of P- and S-waves: Wave propagation speed

$$V_p = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}} \quad V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\nu)}} \quad (1)$$

E,  $\nu$ , G - respectively, the deformation modulus, Poisson's ratio, shear modulus  $\rho$  - rock density.



**Figure 2.** Different types of seismic waves

Measure of the total energy of seismic waves is the magnitude (M)-decimal logarithm of the maximum amplitude of a seismic wave record obtained by a standard type seismograph at a distance of 100 km from the earthquake epicenter. This value as a characteristic of an earthquake was developed by Wadachi in Japan in 1931, and improved by Richter in 1935 in California. The magnitude rating of an earthquake is often referred to as the Richter scale. The magnitude characterizes the focus of an earthquake. In contrast to the characteristic of total energy, calculated by magnitude, there is the concept of earthquake intensity, calculated according to the MSK, Mercalli, İMA scale, depending on which scale is adopted in a particular country. Intensity scales characterize the appearance of a shock at a particular point on the globe, i.e. the intensity of the same earthquake is different in different parts of the globe, but the magnitude is the same. MSK-64 scale 12 points. In North America, the 12-point Mercalli scale is widely used, the İMA scale developed in 1949 in Japan, 8 points (there is a score of 0, and the maximum value is 7 points) The transition from the İMA scale to the Mercalli scale can very approximately be carried out by the formula

$$I_M = 0.5 + 1.5 I_{İMA} \quad (2)$$

**Table 2.** Values of acceleration, speed and displacement on the MSK-64 scale

Score	Acceleration $10^{-2} \text{ m/c}^2$	Speed $10^{-2} \text{ m/c}$	Offset of the center of the standard pendulum $10^{-3} \text{ m}$
5	15–25	1–2	0,5–1
6	26–50	2,1–4	1,1–2
7	51–100	4,1–8	2,1–4
8	101–200	8,1–16	4,1–8
9	201–400	16,1–32	8,1–16
10	401–800	32,1–64	16,1–32

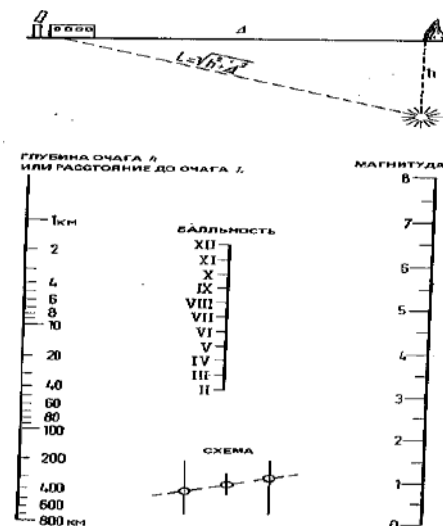
In addition to describing the consequences of earthquakes, the MSK scale contains the values of displacements, velocities, and accelerations on the soil surface corresponding to one or another magnitude. These parameters are especially necessary in the calculation of building structures.

Modern engineering activities have relatively recently encountered the fact that water can provoke earthquakes. A series of earthquakes (700 aftershocks) in the Denver region (USA) with a magnitude of 0.7 to

4.3. It was at this time that the Rocky Mountain military plant located in this area began to pump liquid production waste into a well 3670 m deep. An increase in water pressure in the well caused groundwater to flow into the cavities and cause cracks to form along the pre-existing faults. It is assumed that the increase in pore pressure, in turn, led to a decrease in effective stresses in the rocks and contributed to shears [8].



**Figure 3.** Dam failure due to liquefaction of water-saturated soil [8]



**Figure 4.** Nomogram for transition from intensity scores to magnitude and back [8]

The filling of the Nurek reservoir on the Vakhsh River with a depth of 300m has led to an increase in local seismic activity. About 200 tangible shocks were registered. The maximum intensity reached 6 points on the MSK scale. These earthquakes practically did not affect the construction of the hydroelectric complex.

As follows from the above, the weight of the dam or reservoir could not lead to the provocation of an earthquake with a source at a depth of 10 km, since it causes too small stresses compared to the stresses acting at this depth. The most convincing explanation is the effect of pore pressure and a decrease in the bearing capacity of rocks that are in a state close to the limit.

In addition, when creating large reservoirs, one should keep in mind the possibility of the occurrence of seiche-standing waves in reservoirs caused by earthquakes.

**Particularities design of hydraulic structures.** The dynamic method opens up great opportunities for studying the operation of complex structures of hydraulic structures. This method made it possible to obtain not only qualitative, but also quantitative results in the analysis of the operation of structures. At the same time, its wide use in design practice is difficult due to the complexity of obtaining initial information (computational seismograms and accelerograms); the lack of a method for assessing the performance of a dam in the traditional form for designing in terms of the reliability factor and the need to assess performance based on residual displacements; In addition, dynamic analysis requires qualified engineers who specialize in such calculations in laboratories and groups.

$$T'' = T \frac{H''}{H'} \sqrt{\frac{\rho'' E'}{\rho' E''}} \quad (3)$$

Where  $T'$ ,  $H'$ ,  $\rho'$  – are respectively the oscillation period, the height of the dam and the density of the material of the body of the dam (in this case, the height of the model  $H' = 100$  m).

For rough estimates of seismic forces in dams, one can use the eigenmodes according to Fig. 4, bearing in mind that they are built for a dam with a height of 100 and 120 m. According to formula (3), the periods of oscillations are recalculated according to the forms, while with an increase in the height of the earth dam more than 120 m, they increase in comparison with the model, which in the end often leads to a slight increase in  $T'$  compared to  $T''$ ,  $H''$ ,  $\rho''$  for design dam. When designing dams with a height of less than 120 m, the decrease in density and modulus of elasticity should not be taken into account if these characteristics when laying soil in the body of the dam are close to those used in the calculations of dams with a height of 120 m.

Since the main tone of natural oscillations carries about 60-80% of the energy of oscillations, preliminary estimates can be made on the basis of one first mode of oscillation. Estimation of the fundamental tone period of a concrete gravity or earth dam can be made by the formula

$$T_1 = 0,7 \frac{B}{B + B_0} H \sqrt{\frac{\rho}{G_y}} \quad (4)$$

$B_0$ ,  $B$  – respectively, the width of the dam along the crest and base,  $H$  is the height of the dam,  $\rho$  – is the density of the material of the dam body,  $G_y$  is the elastic shear modulus.

For the most rough estimates of the stability of the slopes of an earth dam made up of loose soils under seismic impacts (with a margin), you can use the formula that reflects the stability of a stone on a slope under a horizontal seismic impact:

$$K_n = \frac{tg\varphi}{tg(\alpha + \delta)} \quad (5)$$

Where  $tg\varphi$  is the coefficient of soil friction on the slope surface,  $\alpha$  is the slope angle to the horizon,  $\delta = arctg\left(\frac{\ddot{u}_x k_1}{g}\right)$  – horizontal acceleration,  $g$  – gravitational acceleration,  $k_1$  – coefficient taking into account the permissible damage to buildings and structures, as well as the reduction of acceleration due to the development of plastic deformations or the appearance of cracks in the structure.  $\left(\frac{\ddot{u}_x}{g}\right)$  – acceleration of the base in fractions of the acceleration of free fall (seismicity coefficient)

The appearance of pore pressure in coarse-grained soils under seismic impacts can significantly reduce the stability of dam slopes. To combat the development of pore pressure along the slope, a zone is created from strongly filtering material: from rock mass or more homogeneous pebbles. Inside the persistent riding prisms, if they are made of sand and gravel soil for a dam with a core, drainage is arranged from sorted pebbles. In the downstream prism, drainage is arranged to relieve the pore pressure caused by the flooding of the downstream thrust prism due to infiltration during seismic action.

An analysis of the operation of an earth dam under seismic impact shows that the most dangerous collapse curves are located in the upper parts of the dam, where seismic forces are greatest. Therefore, it is possible to increase the stability coefficient of the dam by placing slopes in the upper third of the dam, widening the crest and replacing the gravel (if the dam is being built from it) with a ragged stone with a higher angle of internal friction.

**Conclusions.** The article gives a general analysis of the seismic impact on hydraulic structures, especially when designing dams from concrete and soil materials. The use of modern calculation methods and building materials makes it possible to create safe structures that meet all the requirements for the reliability of hydraulic structures. Based on the presented study, for the analysis of earthquake-resistant hydraulic structures, it is necessary to establish the following parameters: a generalized maximum value of force, deformation (mixing), bearing capacity, strength, the degree of influence of plastic deformations on the bearing capacity of structures.

## **References**

1. Константинов И.А. Динамика гидротехнических сооружений. Расчет плотины на сейсмические воздействия
2. Гольдин А.Л. Рассказов Л. Н. Проектирование грунтовых плотин
3. Волосухин В.А. Сейсмостойкость строительных объектов и гидротехнических сооружений
4. Окамото Ш. Сейсмостойкость инженерных сооружений
5. СНиП II-7.81\* Строительство в сейсмических районах М2000г
6. Uniform Building Code Volume 2
7. Зарецкий Ю.К. Ломбардо В.Н. Статика и динамика грунтовых плотин М 1982г
8. Красников Н.Д. Динамические свойства грунтов и методы их определения М1970г

*Məqaləyə istinad: Piriyev A.Y. Hidrotexniki qurğulara seysmik təsir. Elmi Əsərlər jurnalı/ Scientific works. AzMIU, s. 169-174, N2, 2023*

*For citation: Piriyev A.Y. Seismic impact on hydraulic structures. Elmi Əsərlər jurnalı/ Scientific works. AzUAC, p. 169-174, N2, 2023*

***Məqalə INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES(AERS2023) adlı konfrans materialıdır.***

<http://doi.org/1058225/sw.2023.2-175-182>

## EVALUATION OF CIRCULAR PRESTRESSING EFFECT ON CONDEEP PLATFORM STORAGE RESERVOIRS USING MECHANICAL PRINCIPLES

**Bashirzade Seymur**- Department of Civil Engineering, Akdeniz University, Turkey, srbashirzade@gmail.com

**Ozcan Okan**- Department of Civil Engineering, Akdeniz University, Turkey

**Garibov Rafail**- Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin, Russia

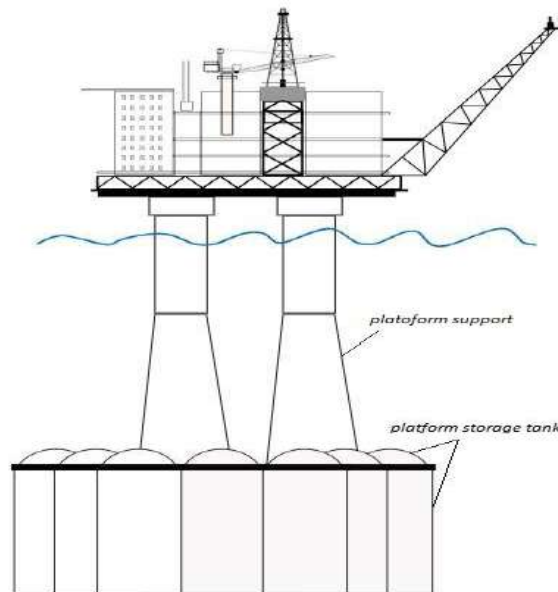
**Abstract :**The prestressed concrete application of cylindrical structures is now recognized as one of the most cost-effective designs. Circular prestressing addresses the weaknesses of leakage and cracking that are common in traditional reinforced concrete tanks. It requires less maintenance, has superior fire resistance, and is a suitable substitute if steel is costly. This study investigated the entire application of circular prestressed concrete condeep platform supports and provided recommendations for a circular prestressing methodology.

**Keyword :**condeep platforms, circular prestressed, post-tensioned concrete, hollow concrete sections

**Introduction.** Condeep platforms are large concrete structures that are used for offshore drilling and storage. The main support structure is a large concrete cylinder sunk into the seabed using a technique known as gravity-based structure (GBS) (Fig 1.) GBS involves the construction of a concrete cylinder on land that is then towed to the site and sunk into place. The storage tanks on a Condeep platform were designed to withstand the weight of the stored liquids and environmental conditions. The location of the storage tanks at the top of the platform has several benefits, such as easy access for maintenance and inspection, reduction of the risk of contamination from seawater or other external sources, and prevention of damage to the tanks from marine life or other environmental factors.

Cylinders are essential components utilized in a wide range of engineering applications to confine or resist liquids entering or exiting them. A Condeep platform storage tank is used to store a variety of fluids, including water, liquid petroleum, petroleum products, and similar products. These storage tanks are built to endure high hydrostatic pressure, which is expected to be distributed equally within each layer, but fluctuates vertically along the direction of the shell.

Researchers have investigated various aspects of their design and behavior to ensure the safe and reliable performance of these structures. Among the relevant literature, Daftardar et al. (2017) presented an analytical solution for the calculation of hoop tension in liquid storage cylindrical tanks. The authors used classical bending theory to derive the formula and applied it to tanks with bottom-fixed and top-free boundary conditions. [1] It is noteworthy that Timoshenko (1959) applied the solution of the radial deformation of a tank wall to a similar or superior equation of the deflection of a beam on an elastic foundation. In certain approaches, subgrade reaction coefficients are included in the equations [2]. Lui's dissertation (1960) comprehensively analyzes the design of circular prestressed concrete tanks and proposes a seldom-used circular prestressed concrete tank approach in the United States. The study includes a dynamic analytical investigation, a detailed explanation of the proposed prestressing approach, and an illustration of the complete design procedure. Additionally, the study conducted a comparative evaluation of several commonly used circular prestressing methods to arrive at a final decision [3].



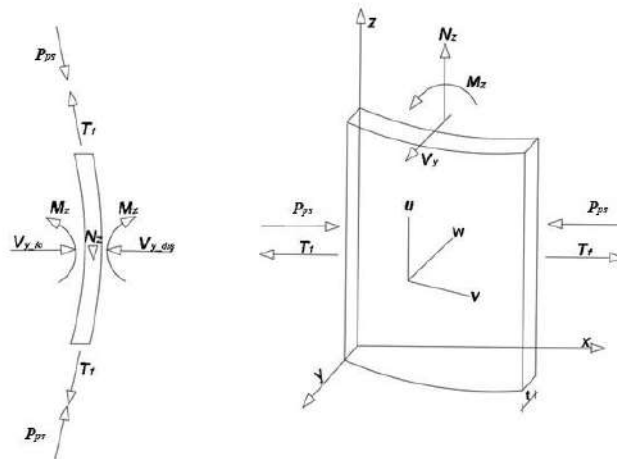
**Figure 1.** Condeep types offshore platform (Credit: energyfaculty) [3]

Pasternak (1932) also made a valuable contribution by presenting practical calculations for the design of folds and cylindrical shells that consider bending moments. [4] Wills (1953) investigated the design and construction of prestressed concrete reservoirs and presented a case study of a 10,000-gallon tank [5]. Finally, Nwakonobi (2015) conducted a static analysis and design of laterized concrete cylindrical shells for farm storage, which provided insights into the behavior of such structures under different loads and soil conditions. The aforementioned studies collectively demonstrate the importance of understanding the behavior and design of cylindrical tanks and shells, as well as the significance of analyzing their responses to various loads and boundary conditions [6].

This study investigates the influence of circular prestressing on the design of deep platform columns and storage tanks subjected to both internal and external hydrostatic pressures. Prestressing is a technique for increasing the strength and longevity of concrete constructions by compressing the material before subjecting it to external stress. We aimed to determine the appropriate prestressing force for Condeep platform columns and storage tanks under hydrostatic pressure, which is essential for safe and effective operation.

**Analytical modelling.** it is considered that the thickness of the tank wall is relatively modest in relation to its height, and the thin cylindrical shell analysis concept is applied. The tank had a closed-ring implementation. Moments and shear forces were observed mainly in the zy plane and on the horizontal edges. The material is considered elastic and isotropic, and the tangential force is constant. (Fig. 2)





**Figure 2.** Internal forces and displacements scheme in Condeep platform support sections and storage reservoir[3].

a) *Force equilibrium*

Force equilibrium refers to the state in which all the forces acting on a body or system are balanced, and there is no net force acting on it. For a system to be in force equilibrium, the sum of all forces acting on it must be zero.

1. The concept of equilibrium in mechanic states that if an item does not accelerate in the vertical direction (along the z-axis), the total of all the forces acting on it must equal zero.

$$\sum F_z = 0; \quad N_z = - \int P_z dz + C_1 \quad (1)$$

2. Similarly, the concept of equilibrium in mechanic states that if an item does not accelerate radially, the total of all the forces acting on it in the radial direction (perpendicular to the axis of rotation) must equal zero.

$$\sum F_r = 0; \quad \frac{d}{dz} (V_{y\_in} - V_{y\_ex}) + \frac{T_\phi}{R} - \frac{P_{ps}}{R} + P_i - P_d = 0 \quad (2)$$

b) *Compatibility equilibrium.*

Compatibility equilibrium refers to the condition under which the deformation of a structure must be compatible with the applied load. In other words, the deformation caused by the applied load should be consistent with the deformation capacity of the material. This requires that the structure not undergoes any significant deformation, which would cause failure or instability.

$$\epsilon_z = \frac{1}{E} (\sigma_z - \nu \sigma_\phi)$$

$$\epsilon_\phi = \frac{1}{E} (\sigma_\phi - \nu \sigma_z) = - \frac{2\pi(R + w) - 2\pi R}{2\pi R} = - \frac{w}{R}$$

The vertical unit stress, also known as axial stress, is stress that is vertical, whereas the tangential unit stress, also known as circumferential stress, is stress that runs tangentially or circumferentially.

$$\sigma_z = \frac{E}{1 - \nu^2} (\epsilon_z + \nu \epsilon_\phi) \quad \sigma_\phi = \frac{E}{1 - \nu^2} (\epsilon_\phi + \nu \epsilon_z)$$

$$A = 1 \times t = t$$

The vertical load or force acting on a cylindrical structure, as determined by the axial stress,  $\sigma_z$ , and the cross-sectional area, A

$$N_z = \sigma_z \times A = \frac{Et}{1 - \nu^2} (\epsilon_\phi + \nu \epsilon_z)$$

$$N_z = \frac{Et}{1 - \nu^2} \left( \frac{du}{dz} - \nu \frac{w}{R} \right) \quad (3)$$

$$N_z = - \int P_z dz + C_1 = 0$$

$$\frac{du}{dz} - v \frac{w}{R} = 0 \quad (4)$$

Accordingly, for tangential or tension force:

$$T_\phi = \frac{Et}{1-v^2} (\varepsilon_\phi + v\varepsilon_z)$$

$$T_\phi = \frac{Et}{1-v^2} \left( -\frac{w}{R} + v \frac{du}{dz} \right) \quad (5)$$

$$T_\phi = \frac{Et}{1-v^2} \left( -\frac{w}{R} + v^2 \frac{w}{R} \right) = -\frac{Et w}{R}$$

### c) Moment-curvature equilibrium

This equilibrium refers to the balance between the moments and curvatures of an element. The moment-curvature relationship is typically derived from the stress-strain relationship of the material and can be used to determine the strength and stiffness of the element.

When studying a surface's curvature, it is critical to understand the many directions in which curvature might occur. One such example is parallel to the y-plane. The curvature is represented by the variable  $K_z$ , which is defined as the reciprocal of the radius of curvature in the zy plane, indicated by  $R_z$ .

$$K_z = \frac{1}{R_z}$$

It is also critical to evaluate the behavior of a complex surface while evaluating its curvature. The xy plane is one such plane, and its curvature is defined by variable  $K_x$ . It is defined as the reciprocal of  $R_x$  and the radius of curvature in the xy plane. However, in the case of a flat surface in the xy plane, the radius of curvature becomes infinite, resulting in  $K_x$  equal to zero.

$$K_x = \frac{1}{R_x} = \frac{1}{\infty} = 0$$

By understanding how curvature affects the strain in different directions, it can better predict how a material will deform or behave under various conditions and describe the relationship between the curvature-induced strain in a material and the radius of curvature in the zy and xy planes.

$$e_z = t \times K_z = \frac{t}{R_z} \quad e_x = t \times K_x = \frac{t}{R_x} = 0$$

The relationships among stress, strain, and curvature can help determine the behavior of materials subjected to curvature-causing external pressures.

$$\sigma_z = \frac{E}{1-v^2} (\varepsilon_z + v\varepsilon_x) = \frac{E}{1-v^2} \left( \frac{t}{R_z} + \frac{t}{R_x} v \right) = \frac{E}{1-v^2} \times \frac{t}{R_z}$$

$$\sigma_x = \frac{E}{1-v^2} (\varepsilon_x + v\varepsilon_z) = \frac{E}{1-v^2} \left( \frac{t}{R_x} + \frac{t}{R_y} v \right)$$

$$K_z = -\frac{d\theta}{dz} \quad \theta = -\frac{dw}{dz} \quad K_z = -\frac{d^2w}{dz^2}$$

$$\sigma_z = \frac{E}{1-v^2} \left( -\frac{d^2w}{dz^2} \right)$$

$$M_z = \sigma_z \frac{I}{C} \quad I = \frac{1}{12} t^3$$

$$M_z = \frac{Et^3}{12(1-v^2)} \left( -\frac{d^2w}{dz^2} \right) = E_D \left( -\frac{d^2w}{dz^2} \right)$$

$$E_D = \frac{Et^3}{12(1-v^2)}$$

When we consider that it possesses flexural stiffness,

$$V_y = -E_D \left( \frac{d^3w}{dz^3} \right). \quad ..(7)$$

We obtain the resulting equation by solving the (2) equilibrium equation.

$$-\frac{d^4w}{dz^4} - \frac{Et w}{E_D R^2} - \frac{P_{ps}}{E_D R} + \frac{P_i}{E_D} - \frac{P_d}{E_D} = 0 \quad (8)$$

When we consider in the flexural stiffness and simplify the equation, we obtain

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{12(1-v^2)}{(2R)^2 t^2}}$$

$$E_D = \frac{Et}{(2R)^2\beta^4};$$

The equation's final state;

$$\frac{d^4w}{dz^4} + 4\beta^4w = \frac{P_i}{E_D} - \frac{P_d}{E_D} - \frac{P_{ps}}{E_D R} \tag{9}$$

**Coefficient verification and modification.** Since equation (9) is a heterogeneous differential equation, its solution can be viewed as a combination of general ( $w_{gen}$ ) and specific ( $w_{sp}$ ) solutions.

$$w = w_{gen} + w_{sp} \tag{10}$$

$$\frac{d^4w}{dz^4} + 4\beta^4w = 0$$

$$w_{gen} = e^{\beta z}(C_1 \cos\beta z + C_2 \sin\beta z) + e^{-\beta z}(C_3 \cos\beta z + C_4 \sin\beta z) = 0$$

We may recalibrate the coefficients,  $C_1$  and  $C_2$  because  $H$  is several times bigger than  $t$ .

$$w = w_{gen} + w_{sp} = e^{-\beta z}(C_3 \cos\beta z + C_4 \sin\beta z) - \frac{1}{4\beta^4} \left( \frac{P_i}{E_D} - \frac{P_d}{E_D} - \frac{P_{ps}}{E_D R} \right)$$

Internal pressure:  $P_i = C'\gamma_i(H - z)R$  (11)

External pressure:  $P_d = C'\gamma_d HR$  (12)

$$w = e^{-\beta z}(C_3 \cos\beta z + C_4 \sin\beta z) - \frac{1}{4\beta^4} \left( \frac{C'\gamma_i(H-z)R}{E_D} - \frac{C'\gamma_d HR}{E_D} - \frac{P_{ps}}{E_D R} \right)$$

The coefficients  $C_3$  and  $C_4$  are determined from the bottom fixed supported condition.

$$w_{z=0} = 0 = C_3 - \frac{1}{4\beta^4} \left( \frac{C'\gamma_i(H-z)R}{E_D} - \frac{C'\gamma_d HR}{E_D} - \frac{P_{ps}}{E_D R} \right) = 0$$

$$C_3 = \frac{1}{4\beta^4} \left( \frac{C'\gamma_i HR}{E_D} - \frac{C'\gamma_d HR}{E_D} - \frac{P_{ps}}{E_D R} \right)$$

$$\frac{dw}{dz}(z=0) = \left[ \beta C_3 e^{-\beta z}(\cos\beta z + \sin\beta z) + \beta C_4 e^{-\beta z}(\cos\beta z - \sin\beta z) - \frac{1}{4\beta^4} \left( \frac{C'\gamma_i(H-z)R}{E_D} - \frac{C'\gamma_d HR}{E_D} - \frac{P_{ps}}{E_D R} \right) \right]_z = 0$$

$$\frac{dw}{dz}(z=0) = \beta(C_4 - C_3) - \frac{1}{4\beta^4} \left( \frac{C'\gamma_i HR}{E_D} \right) = 0$$

$$\frac{dw}{dz}(z=0) = \beta \left( C_4 - \frac{1}{4\beta^4} \left( \frac{C'\gamma_i HR}{E_D} - \frac{C'\gamma_d HR}{E_D} - \frac{P_{ps}}{E_D R} \right) \right) - \frac{1}{4\beta^4} \frac{C'\gamma_i HR}{E_D} = 0$$

$$C_4 = \frac{1}{4\beta^4} \left( \frac{C'\gamma_i HR}{E_D} \left( 1 - \frac{1}{\beta} \right) - \frac{C'\gamma_d HR}{E_D} - \frac{P_{ps}}{E_D R} \right)$$

$$w = e^{-\beta z} \left( \frac{1}{4\beta^4} \left( \frac{C'\gamma_i HR}{E_D} - \frac{C'\gamma_d HR}{E_D} - \frac{P_{ps}}{E_D R} \right) \cos\beta z + \frac{1}{4\beta^4} \left( \frac{C'\gamma_i HR}{E_D} \left( 1 - \frac{1}{\beta} \right) - \frac{C'\gamma_d HR}{E_D} - \frac{P_{ps}}{E_D R} \right) \sin\beta z \right) -$$

$$\frac{1}{4\beta^4} \left( \frac{C'\gamma_i(H-z)R}{E_D} - \frac{C'\gamma_d HR}{E_D} - \frac{P_{ps}}{E_D R} \right)$$

$$w = \frac{e^{-\beta z}}{4\beta^4 E_D} \left( \left( \left( C'\gamma_i HR - C'\gamma_d HR - \frac{P_{ps}}{R} \right) \cos\beta z + \left( C'\gamma_i HR \left( 1 - \frac{1}{\beta} \right) - C'\gamma_d HR - \frac{P_{ps}}{R} \right) \sin\beta z \right) - \left( C'\gamma_i(H-z)R - C'\gamma_d HR - \frac{P_{ps}}{R} \right) \right) \tag{13}$$

As a result, the ring tension and moment developed in the wall can be estimated using the following formula:

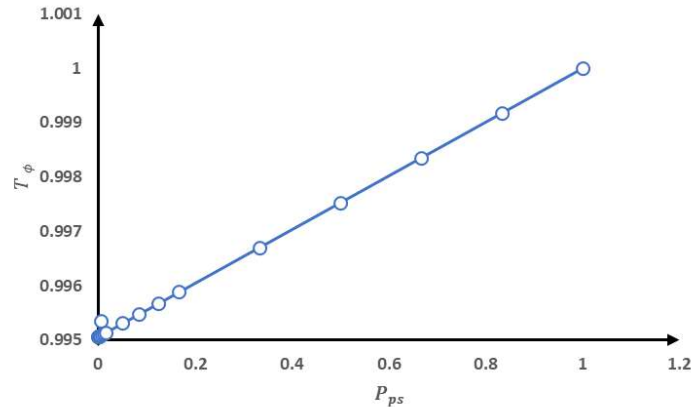
$$T_\phi = -\frac{Et w}{R} = -\frac{Et}{R} \left\{ \frac{e^{-\beta z}}{4\beta^4 E_D} \left( \left( \left( C'\gamma_i HR - C'\gamma_d HR - \frac{P_{ps}}{R} \right) \cos\beta z + \left( C'\gamma_i HR \left( 1 - \frac{1}{\beta} \right) - C'\gamma_d HR - \frac{P_{ps}}{R} \right) \sin\beta z \right) - \left( C'\gamma_i(H-z)R - C'\gamma_d HR - \frac{P_{ps}}{R} \right) \right) \right\} \tag{14}$$

Eq. (15) gives an equation for the circular prestressing force and is dependent on various parameters such as the Young's modulus of the wall material, the thickness of the wall, the radius of curvature, the depth of the wall, and other parameters such as the coefficients of pressures and the prestressing force. This equation involves several terms with trigonometric and exponential functions and can be used to estimate the circular prestressing force at different wall depths.

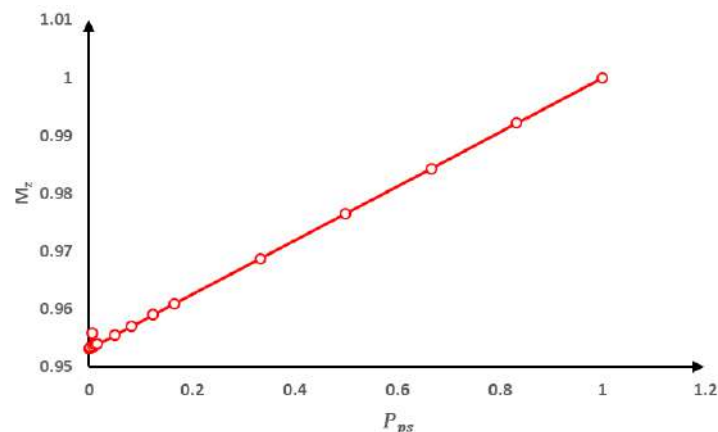
$$M_z = -E_D \left( \frac{d^2w}{dz^2} \right) = \frac{e^{-\beta z}}{2\beta^2 E_D} \left( \left( C'HR(\gamma_i - \gamma_d) - \frac{P_{ps}}{R} \right) \sin\beta z + \left( C'\gamma_i HR \left( 1 - \frac{1}{\beta} \right) - C'\gamma_d HR - \frac{P_{ps}}{R} \right) \cos\beta z \right) \tag{15}$$

Eq. (16) gives an equation for the moment, and is also dependent on parameters similar to Eq. (15). The formula involves second-order differentiation of the wall deflection with respect to the depth and includes terms

with trigonometric and exponential functions. This formula can be used to estimate the moment at various wall depths. As a case study, the basic mechanical formulas (15) and (16) allow us to accurately evaluate the changes in tension (Fig. 3) and moments (Fig. 4) obtained by circular prestressing in a shell at a depth of 100 m. This data may be applied to best prepare the condeep structure's design and ensure that it can handle the projected loads and environmental conditions.

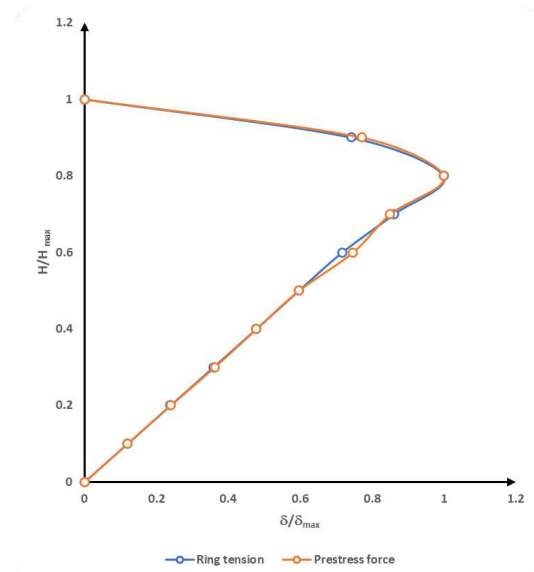


**Figure 3.** Tension force changing from the effect of prestressing force [6]



**Figure 4.** Moment changing from the effect of prestressing force [6]

The proper distribution of ring tension and prestressed force is essential for system analysis and performance. (Fig. 5). It affects the level of stress and strain experienced by the system, and the mode of failure of the system. If the forces are evenly distributed, the system may fail in a controlled manner, allowing for proper mitigation measures to be taken. Therefore, it is important to prioritize the even distribution of these forces and ensure that they are properly balanced.



**Figure 5.** The distribution of ring tension and prestress force along the length of structure for the displaced structure [6]

**Discussion and conclusion.** For a constant-thickness case, the provided equations can be implemented with a low error rate. In a cylindrical tank, circular prestressing is used to generate pressure that opposes and balances the hydrostatic water pressure. Because the specified segment was submerged in water, the impact of the external liquid was sufficient to counterbalance the hydrostatic pressure within the structure of Condeep's multiple marine platforms. However, circular prestressing does not provide a significant advantage for Condeep-type platforms, as demonstrated by Fig. (3) and (4). Instead, it adds stress to the reinforced concrete section by either "supporting" the external pressure or increasing the magnitude of the stresses. The impact of the circular prestressing force can balance the moment produced by the external load when the prestressed concrete tank is full. This is the primary benefit of prestressing during concrete tank construction. When the tank is empty, only the bending effect of the circular prestressing wire occurs. In most cases, an empty tank represents the critical design condition. Hence, it is essential to investigate the tensile stresses induced by prestressing forces. For instance, it may be advantageous to add conventional mild steel-reinforced bars to handle tensile loads, resulting in partial prestressing.

Definitions and abbreviations

$P_z$  – Vertical pressure

$T_\phi$  – Tangential force or ring tension

$P_i$  – Internal forces

$P_d$  – External force

$R$  – Radius of Condeep supports

$P_{ps}$  – Prestressed force

$E_D$  – flexural stiffness

$C'$  – Impact factor

$\gamma_i$  – Density of liquid inside

$\gamma_d$  – Density of liquid outside

$H$  – height of structure

$V$  – Shear force

$M$  – Bending moment

$w$  – Radial displacement of structure

**References**

1. Anand Daftardar, Shirish Vichare, Jigisha Vashi. (2017): An Analytical Solution for Hoop Tension in Liquid Storage Cylindrical Tanks, International Journal of Engineering and Applied Sciences (IJEAS), pp. 99-104.
2. Timoshenko S.P., and Woinowsky-Krieger S. (1959), Theory of Plates and Shells, 2nd Edition, McGRAW-HILL, New York.
3. Liu, Chi-Yek. "A study of the complete design for circular prestressed concrete tank and its dynamic analysis." PhD diss., Virginia Tech, 1960.
4. Pasternak P. L. (1932), Practical Calculations for Folds and Cylindrical Shells Taking Bending Moments into Account, Stroitelny byulleten,
5. Wills, R. F. (1953). Prestressed concrete reservoirs. New Zealand Engineering, 8(2), 54-59.
6. Nwakonobi, T. U. (2015). Static Analysis and Design of Laterized Concrete Cylindrical Shells for Farm Storages (Doctoral dissertation).
7. Creasy, L. R. (1958). Prestressed Concrete Cylindrical Tanks. Proceedings of the Institution of Civil Engineers, 9(1), 87-114
8. Ereemeev, V. V., & Zubov, L. M. (2017). Buckling of a two-layered circular plate with a prestressed layer. Mathematics and mechanics of solids, 22(4), 773-781.
9. Liu, C. F., & Chen, T. J. (2013). A simple and unified displacement field for three-dimensional vibration analysis of prestressed circular plates. Journal of Vibration and Control, 19(1), 120-129.

*Məqaləyə istinad: Bəşirzadə S., Özcan O., Qəribov R. Mexanik prinsiplərdən istifadə edərək Condeep Platform anbar rezervuarlarında dairəvi ön gərginlik effektinin qiymətləndirilməsi. Elmi Əsərlər jurnalı/ Scientific works. AzMIU, s. 175-182, N2, 2023*

*For citation: Bashirzade S., Ozcan O., Garibov R. Evaluation of circular prestressing effect on Condeep Platform storage reservoirs using mechanical principles. Elmi Əsərlər jurnalı/ Scientific works. AzUAC, p. 175-182, N2, 2023*

***Məqalə INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES (AERS2023) adlı konfrans materialıdır.***

## SEISMIC SITUATION IN THE CASPIAN SEA AS A BASIS FOR JOINT ACTION

**Mammadli Gunay Khagani**- PhD student, Academy of Management under the President Department of international relations and foreign policy, gunay.mammadli@azersu.az

**Gafarbayli Konul Alisafa**- ass.prof., Department of Construction of amelioration and water management, qafarbeyli\_konul@mail.ru, AzUAC

**Abstract** Caspian Sea is one of the regions that attracts attention in terms of seismic activity. The presence of oil and gas deposits in the region and the export of oil and gas produced here to world markets make the seismic study of the Caspian Sea an international necessity. For this, it is necessary to strengthen the geological and seismic research of the region. In order to ensure the effectiveness of these studies, there is a need for regional cooperation of the relevant institutions of the states located in the Caspian basin. It is also important that international companies engaged in oil and gas production take part in the investigation of seismic processes in the Caspian Sea. In the article, the seismic situation of the Caspian Sea was studied, and the importance of the geopolitical aspects as well as the geophysical aspects of the issue was noted.

**Keywords:** region, seismic activity, Caspian Sea, geopolitical, oil

**Introduction.** The Caspian Sea is one of the seismically active regions. There are numerous earthquake foci at different depths in the Azerbaijani sector of the Caspian Sea. Therefore, the presence of earthquakes in the Caspian Sea is expected from time to time, and this is related to the seismicity of the area. The development of residual reserves of oil fields located in the Caspian Sea is of great economic importance for the Republic of Azerbaijan. Despite the fact that most offshore oil fields have been in development for a long time, each field, horizon and well is considered individually and appropriate geological and technical measures are taken to fully realize the reserves. For the first time in the world, the development of offshore oil fields began in Azerbaijan [1,2].

*General analysis of the seismic situation in the Azerbaijani sector of the Caspian Sea.*

The Caspian Sea is one of the seismically active regions. There are numerous earthquake foci at different depths in the Azerbaijani sector of the Caspian Sea. Therefore, the presence of earthquakes in the Caspian Sea is expected from time to time, and this is related to the seismicity of the area [2]. The development of residual reserves of oil fields located in the Caspian Sea is of great economic importance for the Republic of Azerbaijan. Despite the fact that most offshore oil fields have been in development for a long time, each field, horizon and well is considered individually and appropriate geological and technical measures are taken to fully realize the reserves. For the first time in the world, the development of offshore oil fields began in Azerbaijan.

The beginning of the first work for the purpose of industrial production of oil and gas in the waters of the Caspian Sea dates back to 1906, when the Union of Oil Producers in Azerbaijan announced a competition to draw up a project for backfilling the shallow part of the Bibi-Heybat Bay on the outskirts of Baku. The excavation works started in 1909 were completed in 1922 and on the 350-hectare territory of the Bibi-Heybat Bay, which was filled up and reclaimed from the sea, on February 18, 1923. A year later, well No. 71, drilled at this field in Ilyich Bay from an artificial island built of wooden piles, became the first well in the world to produce a commercial flow of oil from under the seabed. The fountain of oil obtained from this well gave an impetus to the intensification of further prospecting and exploration work in the Caspian Sea [3].

Strong earthquakes have repeatedly occurred in the water area of the Caspian Sea. In the last century, 15 strong earthquakes with  $M \geq 5.0$  occurred in this zone, with an intensity of VI-VIII points at the epicenter. They were felt in Baku and coastal areas up to V-VII points. A strong deep-focus earthquake that occurred in the Caspian Sea to the north of Absheron on September 18, 1961. with  $M = 6.6$ , it was felt up to 7-8 points on the northern coast of the republic (Siyazan, Gilazi, Nasosnaya), in Absheron and Baku up to 6 points on the MSK-64 scale. Another strong earthquake with  $M = 6.2$ , which occurred on January 27, 1963 north of Absheron, was also felt in Baku up to 6 points on the MSK-64 scale. In Baku, collapses of plaster, cracks in stone walls were observed. The earthquake that occurred on March 6, 1986 with  $M = 6.2$  was felt on Oil Rocks with an intensity of 7-8 points, in Baku - up to V points. Earthquakes on August 24, 1989 with  $M = 5.7$  in the northern marine subzone and on September 16, 1989 with  $M = 6.2$  in the middle part of the Caspian were felt in the northern coastal regions of the republic and Baku with an intensity of V points.

The beginning of the century was characterized by an increase in seismicity in the southern marine subzone. In 2000, south of Absheron, a seismic event took place in the form of two shocks, which were felt almost throughout the entire territory of the republic, and in Baku and the surrounding areas, the intensity reached VI-VII points. This event was accompanied by a large number of aftershocks, some of which were tangible. In recent years, the level of seismic activity in certain sections of the Caspian Sea has increased, the amount of seismic energy released in the Central Caspian has increased several tens of times. Along with strong seismic events, a large number of weak earthquakes occur in the study area, which make it possible to study the seismicity of this region in connection with its deep structure. Note that the formation, migration and accumulation of hydrocarbons in the Caspian region occur in the sedimentary cover. Although various geological and geophysical studies have been carried out to date, no exploration work has been carried out in the region, taking into account the seismic geodynamic conditions of oil and gas and their patterns.

In the water area of the Caspian Sea, 90% of hypocenters are distributed at a depth of more than 35 km. However, there are also surface earthquakes. As can be seen from Figure 2, 10% of the hypocenters are distributed at a depth of 0-20 km, which corresponds to the Meso-Cenozoic sediment complex, which is promising in terms of oil and gas potential. The manifestation of earthquakes in the sedimentary cover indicates that the layers in this range are in a mobile energy state. The formation, migration and discovery of hydrocarbons are associated precisely with this interval. Recent studies have shown that there is a certain pattern between oil and gas fields and seismicity in the same interval. The relationship of seismic activity and its role, among other factors, in the formation of hydrocarbons in the indicated depth interval has been proven by experimental studies [4].

The development of geological exploration and large-scale hydrocarbon production in the future will lead to new major discoveries, new major economic projects and intensive development of the oil and gas complex in the region. In this regard, the study of the history of the formation and development of the oil and gas complex of the Caspian region is an urgent task and, undoubtedly, the analysis of history can contribute to the development of the oil and gas complex. For further development of the territory of the Caspian Sea, it is necessary to intensify the development of geological exploration and the introduction of innovative technologies into the practice of hydrocarbon production, which in the future will allow developing the oil and gas complex in the region at the proper level. On the other hand, the effect of earthquakes on the process of involvement in the filtration flow of oil is the greater, the smaller the depth of the earthquake source that caused filtration pressure waves in the deposit. Taking into account the fact that in recent years the level of seismic activity in certain sections of the Caspian water area has increased, and the amount of seismic energy released in the Central Caspian has increased several tens of times, it can be assumed that the change in oil production in many offshore fields in the northern part of the Absheron-Pribalkhan fold system is associated precisely with this. The development of oil and gas resources in the territory of the Caspian Sea is currently an urgent problem, the solution of which largely determines the growth of reserves and the growth of oil and gas production.

**Method.** Factors to consider before and after oil and gas production. Oil production in the Caspian Sea is also important for other Caspian countries. It is for this reason that Caspian countries are trying to take advantage of the opportunities of the oil and gas sector of the sea. However, in order to properly use the resources of the Caspian Sea, seismic factors must be taken into account. It is necessary to take advantage of the seismic methods used in the process of drilling boreholes in the relevant literature. One of them is seismic exploration. Seismic exploration is used to solve the following geological issues: a) seismo-geological zoning of territories and identification of rock complexes; b) tracking and mapping of geological boundaries in the sedimentary cover; c) study of the relief of the surface of the crystalline foundation; d) identification and detailed study of traps; e) detection of tectonic faults, etc. There are two main methods in seismic exploration: the method of reflected waves and the method of refracted waves. The method of reflected waves is based on the registration of seismic waves that have bounced off the boundaries between rocks with different wave resistances. The method of reflected waves is carried out along profiles, on which, at certain distances, points of excitation of seismic waves and recording devices are located. Seismic waves are excited by explosive charges located on the surface, in wells, in water, or by non-explosive sources (vibration or impulse). Reflected seismic waves are recorded by seismic receivers, which. Fluctuations are converted into electric charges transmitted by cable to a seismic station, where after filtering they are recorded in the form of seismograms [8].

The intensification of oil and gas production in large oil and gas regions, in turn, causes changes in the natural (geological) environment, including a significant restructuring of hydro-gas-dynamic and geodynamic processes in the earth's crust to depths of up to ten or more kilometers in areas up to several tens of thousands of square kilometers, creating conditions for the emergence of a number of environmental problems that



significantly affect the development of nature and the quality of life of the population in the region. As a result, dangerous physical-geological and techno-natural processes develop in large oil and gas regions, causing an increase in seismic activity with unpredictable consequences. The solution to this problem is possible on the basis of an interdisciplinary comprehensive study of the processes occurring in the subsoil under the influence of hydrocarbon (HC) production using a number of scientific disciplines - mathematics, physics, geology, hydrogeology and hydraulics, technogenesis teachings, accounting for technological processes and much more. Basically, only at the intersection of sciences is it possible to effectively solve the tasks set for the study of technogenesis in the bowels. The knowledge of these processes will allow answering many questions on improving the safety of oil and gas production, their transportation by pipeline transport, ensuring the safety of the population and its activities in the region. The complexity of the problem lies in the coverage by technogenesis of large volumes of the upper part of the complex in structure and natural dynamics of the earth's crust [5]. The solution of geocological problems caused by hydrocarbon production is based on the results of a study of natural and technogenic changes in geophysical and geodynamic processes in the areas of developed oil and gas fields and the identification of geophysical, geodynamic and other indicators of technogenic transformation of the geological environment.

**Discussion.** On the necessity of seismic cooperation between the countries of the region. Cooperation in the seismic field in the Caspian Sea and between the countries of the region in general is important. There are also some examples in this field. General Director of the Republican Seismological Service Center under ANAS, Gurban Yetirmishli, participated in the discussions on "Mineral raw material base of the Caspian region" organized by the Russian State Geological Exploration University named after Sergo Orjonikidze of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation. Q. Yetirmişli also held a number of meetings on the development of bilateral cooperation. Also, an Agreement on "Scientific-technical cooperation" was signed between the Russian State Geological Exploration University named after Sergo Orjonikidze and the Republican Seismological Service Center under ANAS. The document was signed by Vadim Kosyanov, rector of the Sergo Orjonikidze State University of Geological Exploration of Russia, and Gurban Yetirmishli, director general of the RSXM. The agreement envisages the expansion of relations within the framework of bilateral cooperation, mutual exchange of experience, conducting joint scientific research on the Caspian Sea basin, studying environmental risks [6].

It is known that the memorandum on the "Dostluq" field is a new page in the history of the development of relations between Azerbaijan and Turkmenistan. This is an oil and gas field the estimated reserve of the field allows to put it in the same line as fields like "Karabakh". The important point here is that the reserves will be determined by modern seismic exploration methods. Scientific cooperation with neighboring countries, including Azerbaijan, is very important for Turkmenistan, according to the published material of the Institute of Seismology of the Academy of Sciences of Turkmenistan. Since extremely rare seismically active regions thousands of kilometers long are located within the same state. Each of these regions is usually characterized by the unity of seismogeodynamic development. In Turkmenistan, at this stage, a new map of the seismic zoning of the territory is being developed. Without information about the frequency and strength of earthquakes that occurred in the past in the border areas, it is impossible to build a reliable map of zoning (10). The new map is needed to assess the socio-economic and environmental vulnerability of territories, rational land use, earthquake-resistant construction and seismic risk reduction. The Scientific Research Institute of Turkmenistan notes that one of the innovations in early recognition and possible warning of earthquakes is the RNM ASP (Station of robust noise monitoring of anomalous seismic processes) seismoacoustic station created in the Republic of Azerbaijan. There are five such stations in Azerbaijan that monitor seismoacoustic noise. Specialists of the Institute of Cybernetics of the National Academy of Sciences (NAS) of Azerbaijan at international conferences held in Ashgabat have repeatedly presented reports on the results of experiments on monitoring anomalous seismic processes. Held on the initiative of President Gurbanguly Berdimuhamedov in the Avaza National Tourist Zone on August 12, 2019, the First Caspian Economic Forum launched the implementation of joint investment projects and programs, the development of joint promising areas of cooperation between the regions of the Caspian states. This forum also intensified cooperation between scientists from the Institute of Seismology and Atmospheric Physics of the Academy of Sciences of Turkmenistan and the Institute of Control Systems of the National Academy of Sciences of Azerbaijan. In order to implement the Program "Reducing seismic risk in seismically hazardous zones of Turkmenistan" approved on January 23, 2019 and in pursuance of the Order of the President of the country dated February 1, 2019 on the development of international scientific and technical cooperation with the countries of the Caspian region, Turkmen seismologists accepted the proposal of the Institute of Control Systems of the National Academy Sciences of Azerbaijan to create an intelligent system for

identifying information received by RNM ASP stations during the occurrence of anomalous seismic processes. The forthcoming cooperation plans include related work to connect the network of seismoacoustic stations operating in Azerbaijan with the future network of seismic acoustic stations in Turkmenistan. A lot of work preceded the signing of the Memorandum of Understanding between the two specialized institutions. Specialists of the Institute of Seismology and Atmospheric Physics of the Academy of Sciences of Turkmenistan got acquainted with the work of Azerbaijani stations, and analyzed the possibility of creating such a warning system in Turkmenistan. Scientists of the two countries have previously taken part in the discussion of the results of experiments on monitoring anomalous seismic processes. A site for one station was chosen, joint experiments were carried out that demonstrated the efficiency and information content of the seismoacoustic station, and places were identified for the construction of several stations, which, together with the Turkmen stations, will form a unified information system of advance warning [6]

On April 3, 2023, a conference on "Seismic data calibration" was held within the framework of the international project "Extension of the seismic network in the Caucasus and Central Asia" in the city of Almaty, Kazakhstan. Representatives of Azerbaijan, Georgia, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Mongolia, Tajikistan, Ukraine, USA and other partner countries took part in the event. Azerbaijan was represented at the event by Sabina Kazimova, PhD in Geology and Mineralogy, Head of the Center's Department of Dynamics of Earthquake Centers. The main discussions at the conference were related to the construction of a velocity model to accurately determine the coordinates of earthquakes. It was reported that accurate data calculation about hypocenters, assessment of seismic hazard, clarification of the location of tectonic faults, obtaining an accurate geological model of the Earth's crust, etc. for this purpose, a new accurate speed model should be established. For that purpose, it was proposed to carry out a number of nuclear and industrial explosions, as well as to register these explosions in seismic stations. Representatives of the participating countries spoke at the conference and talked about currently used speed models. Sabina Kazimova made a presentation on "Seismic caliber experiments in Azerbaijan- past, present and future". At the end of the conference, a protocol was drawn up on the results of the meeting [9].

**Conclusions.** Thus, it is known that offshore oil and gas production is closely related to the course of seismic processes. The processes taking place in the world, especially the recent earthquakes and their volume, are already very complex. Prevention of these complications, as well as minimizing their consequences, requires regional and international cooperation. In a number of cases, it is possible to find examples of cooperation in the seismic field between the countries of the Caspian region. However, it should be further improved and brought to the form of joint activity of the seismic services of the countries of the Caspian region.

## References

1. Azərbaycan və Rusiya Xəzər dənizində birgə seysmik tədqiqatlar aparacaqlar. <https://www.xezerxeber.az/news/cemiyet/254799/azerbaycan-ve-rusiya-xezer-denizinde-birge-seysmik-tedqiqatlar-aparacaqlar>
2. Yetirmişli G.J., Kazimova S.E., İsmailova S.S., Kazimov İ.E. Modern geodynamics and seismicity of the Azerbaijani sector of the Caspian Sea SOCAR Proceedings N4. 10p. 2022
3. Respublika Seysmoloji Xidmət Mərkəzinin əməkdaşı Qazaxstanda keçirilən konfransda təqdimatla çıxış edib. [https://azertag.az/xeber/Respublika\\_Seysmoloji\\_Xidmet\\_Merkezinin\\_emekdasi\\_Qazaxistanda\\_kechirilən\\_konfransda\\_teqdimatla\\_chixis\\_edib-2555663](https://azertag.az/xeber/Respublika_Seysmoloji_Xidmet_Merkezinin_emekdasi_Qazaxistanda_kechirilən_konfransda_teqdimatla_chixis_edib-2555663)
4. Xəzər dənizində zəlzələlərin olması ərazinin seysmikliyi ilə əlaqədardır. [https://azertag.az/xeber/Xezer\\_denizinde\\_zelzelelerin\\_olmasi\\_erazinin\\_seysmikliyi\\_ile\\_elaqedardir-1770733](https://azertag.az/xeber/Xezer_denizinde_zelzelelerin_olmasi_erazinin_seysmikliyi_ile_elaqedardir-1770733)
5. Алиев Н. Нефть и нефтяной фактор в экономике Азербайджана в XXI веке. Баку, 23с. 2010
6. Соловьев В.О., Терещенко В.А., Фык И.М., Яковлев А.О. Геология нефти и газа:учеб. пособ. 148с. 2012
7. Нестеренко Ю.М., Нестеренко М.Ю. Влияние добычи углеводородов на геофизические процессы и сейсмичность в нефтегазоносном южном предуралье. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН (электронный журнал), N1. 2012
8. Туркменистан и Азербайджан активизируют взаимодействие в области сейсмических исследований. <https://www.trend.az/business/it/2179129.html>
9. Туркменистан и Азербайджан: сотрудничество ученых. <http://www.science.gov.tm/news/20200730news-2020-07-29-1/>
10. Respublika Seysmoloji Xidmət Mərkəzinin əməkdaşı Qazaxıstanda keçirilən konfransda təqdimatla çıxış edib. [https://azertag.az/xeber/Respublika\\_Seysmoloji\\_Xidmet\\_Merkezinin\\_emekdasi\\_Qazaxistanda\\_kechirilən\\_konfransda\\_teqdimatla\\_chixis\\_edib-2555663](https://azertag.az/xeber/Respublika_Seysmoloji_Xidmet_Merkezinin_emekdasi_Qazaxistanda_kechirilən_konfransda_teqdimatla_chixis_edib-2555663)

*Məqaləyə istinad: Məmmədli G.K., Qafarbəyli K.A. Ortaq hərəkətə əsasən Xəzər dənizində zəlzələ vəziyyəti. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzMIU, s. 183-186, N2, 2023*

*For citation: Mammadli G.K., Gafarbayli K.A Seismic situation in the Caspian Sea as a basis for joint action. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzUAC, p. 183-186, N2, 2023*

**Məqalə INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES (AERS2023) adlı konfrans materialıdır.**



<http://doi.org/1058225/sw.2023.2-187-196>

## FİZİKİ VƏ HƏNDƏSİ QEYRİ– XƏTTİ LÖVHƏLƏR VƏ YATIQ QABIQLARIN DEFORMASIYASINA DAİR MƏSƏLƏLƏR

**Sadiqov İsmayıl Rza oğlu**- t.e.d., professor, Mexanika kafedrası, ismayil.sadiqov@azmiu.edu.az

**Xülasə.** Məqalədə lövhələrin və yatıq qabıqların materialının fiziki və həndəsi qeyri – xəttiliyini nəzərə almaqla deformasiya məsələlərinə baxılır. Qoyulan məsələlərin həlli üçün energetik üsuldən istifadə olunur. Bu halda materialın fiziki qeyri – xəttiliyi kubik kik həddli parabola şəklində qəbul olunur: solda bir həddli gərginliklər və sağdaiki həddli deformasiyalar (birinci tərtibli və üçüncü tərtibli). Belə asılılıq deformasiya diaqramının simmetrikliliyini təmin edir. Mühüm üstünlük həm də ondan ibarətdir ki, bu düsturla hesablanan xüsusi potensial enerjinin ifadəsinə deformasiyaların qiymətləri cüt tərtibli şəkildə daxildirlər. Bununla əlaqədar mürəkkəb gərgin halda məsələnin həllini qapalı şəkildə alınması mümkün olur.

Məqalə aşağıdakı üç hissələrdən ibarətdir:

– lövhənin fiziki qeyri – xətti və həndəsi xətti deformasiyası;

– lövhənin fiziki və həndəsi qeyri – xətti deformasiyası;

– lövhələrin və yatıq qabıqların fiziki və həndəsi qeyri–xətti deformasiyalarının təqribi hesablama üsulu.

**Açar sözlər:** lövhə, yatıq qabıq, fiziki və həndəsi qeyri – xəttilik, energetik üsul, deformasiyanın potensial enerjisi, təqribi hesablama üsulu, kubatur düsturla hesablama

**I. Lövhənin fiziki qeyri– xətti, həndəsi xətti deformasiyası.** Konturu üzrə oynaqlı bərkidilmiş, ortasında  $F$  topa qüvvəsi ilə yüklənmiş düzbucaqlı lövhəyə baxaq. Məsələnin energetik üsulla həllini nəzərdən keçirək. Bu məqsədlə lövhənin deformasiyasının xüsusi potensial enerjisini aşağıdakı şəkildə qəbul edək:

$$\bar{U} = \int_0^{e_i} \sigma_i de_i \quad (1)$$

Lövhənin materialının fiziki qeyri – xəttiliyini

$$\sigma_i = Ee_i - E_1 e_i^3 \quad (2)$$

şəklində qəbul edirik. (2) – ni (1) – yerinə yazıb alırıq:

$$\bar{U} = \frac{1}{2} Ee_i^2 - \frac{1}{4} E_1 e_i^4, \quad (3)$$

burada  $e_i$  gərginliklər intensivliyi ifadəsini müstəvi məsələdə olduğu kimi [1] – dəki (17.01)

$$e_i = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{6(\varepsilon_x^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_x \varepsilon_y) + \frac{3}{2} \gamma_{xy}^2}$$

düsturundan kökaltından  $\sqrt{6}$  – ni çıxarsaq, alırıq:

$$e_i = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{\varepsilon_x^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_x \varepsilon_y + \frac{1}{4} \gamma_{xy}^2}, \quad (4)$$

burada

$$\varepsilon_x = -z\chi_x = -z \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}; \quad \varepsilon_y = -z\chi_y = -z \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}; \quad \gamma_{xy} = -2z\chi_{xy} = -2z \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \quad (5)$$

Lövhənin bütövlükdə deformasiya enerjisini təyin etmək üçün (3) ifadəsini lövhənin bütün həcmi üzrə inteqrallayırıq:

$$U = \int_{-a}^{+a} \int_{-b}^{+b} \int_{-\frac{h}{2}}^{+\frac{h}{2}} \left( \frac{1}{2} E e_i^2 - \frac{1}{4} E_1 e_i^4 \right) dx dy dz \quad (6)$$

(5)-i (4)-də nəzərə alınmış ifadəni (6)-da yerinə yazıb  $z$  -ə görə inteqrallayaraq alırıq:

$$U = \int_{-a}^{+a} \int_{-b}^{+b} \left[ \frac{2}{9} E h^3 \left( \chi_x^2 + \chi_y^2 + \chi_x \chi_y + \frac{1}{4} \chi_{xy}^2 \right) + \frac{4}{45} E_1 h^5 \left( \chi_x^2 + \chi_y^2 + \chi_x \chi_y + \frac{1}{4} \chi_{xy}^2 \right)^2 \right] dx dy \quad (7)$$

Baxılan məsələdə əyintilərə nisbətən  $u$  və  $g$  yerdəyişmələri çox kiçik olduğundan nəzərə alınmır. Əyintilər funksiyasını aşağıdakı şəkildə qəbul edirik:

$$w(x, y) = w_o w_x w_y \quad (8)$$

burada  $w_o$  – lövhənin orta nöqtəsinin əyintisi,  $w_x$  və  $w_y$  əyintilər funksiyaları şəklində qəbul edilir:

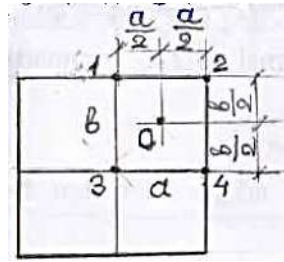
$$w_x = \frac{k+2}{k+1} \left( 1 - \frac{x}{a} \right) \left[ \frac{\left( 1 - \frac{x}{a} \right)^{k+1}}{k+2} - 1 \right];$$

$$w_y = \frac{k+2}{k+1} \left( 1 - \frac{y}{b} \right) \left[ \frac{\left( 1 - \frac{y}{b} \right)^{k+1}}{k+2} - 1 \right]; \quad (9)$$

Bu ifadələr qeyri-xətti elastiki materialdan olan tirin əyilmiş oxunun lövhədəki eyni sərhəd şərtləri üçün tərtib olunmuşlar. (8) ifadəsini (7) - də yerinə yazıb (5) - i nəzərə almaqla [2] potensial enerjisini əyintilər funksiyası ilə ifadə edirik:

$$U = \int_{-a}^{+a} \int_{-b}^{+b} \left\{ \frac{2}{9} E h^3 \left[ \left( w_x'' w_y \right)^2 + \left( w_x w_y'' \right)^2 + w_x'' \cdot w_y'' - w_x'' \cdot w_y'' + \left( w_x' w_y' \right)^2 \right] - \frac{4}{45} E_1 h^5 \left[ \left( w_x'' w_y \right)^2 + \left( w_x w_y'' \right)^2 + w_x'' \cdot w_y'' w_x \cdot w_y + \left( w_x' \cdot w_y' \right)^2 \right]^2 \right\} dx dy \quad (10)$$

Bu ifadədə  $x$  və  $y$  - ə görə inteqrallama təqribi aparılır. Bu məqsədlə lövhənin düzbucaqlı sahəsini dörd hissəyə bölünür (şəkl. 1) və  $\chi_i$  funksiyasının 0, 1, 2, 3, 4 nöqtələrdəki qiymətləri hesablanır.



Şəkil 1.  $x$  və  $y$ -ə görə inteqrallama

burada iştirak edən  $w'_x, w'_y, w''_x$  və  $w''_y$  funksiyalarını (9) funksiyalarını diferensiallayaraq alırıq:

$$\left. \begin{aligned} w'_x &= \frac{k+2}{k+1} \cdot \frac{1}{a} \left[ 1 - \left( 1 - \frac{x}{a} \right)^{k+1} \right]; \\ w'_y &= \frac{k+2}{k+1} \cdot \frac{1}{b} \left[ 1 - \left( 1 - \frac{y}{b} \right)^{k+1} \right]; \\ w''_x &= (k+2) \cdot \frac{1}{a^2} \left( 1 - \frac{x}{a} \right)^k; \\ w''_y &= (k+2) \cdot \frac{1}{b^2} \left( 1 - \frac{y}{b} \right)^k \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

(10) ifadəsindən potensial enerjisini təyin etmək üçün  $x$  və  $y$  dəyişənlərinə görə inteqrallamanı təqribi olaraq riyazi analizlərin ədədi üsullarından istifadə olunur [3]. Lövhəyə təsir edən  $F$  topa qüvvənin gördüyü iş

$$V = F \cdot w_o, \quad (12)$$

Baxılan sistemin tam enerjisi isə aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$W = U - V \quad (13)$$

**II. Fiziki və həndəsi qeyri- xətti lövhə üçün ümumi deformasiya.** Göstərilən qoyuluşda məsələnin həlli lövhənin deformasiyalar enerjisi aşağıdakı düsturla təyin edilir [4]:

$$U = \frac{1}{2} E \iiint \left\{ \left[ (e_x - z\chi_x)^2 + (e_y - z\chi_y)^2 + (e_x - z\chi_x)(e_y - z\chi_y) + \frac{1}{4}(e_{xy} - 2z\chi_{xy})^2 \right]^2 - \right. \\ \left. - \frac{1}{4} E_1 \cdot \left[ (e_x - z\chi_x)^2 + (e_y - z\chi_y)^2 + (e_x - z\chi_x)(e_y - z\chi_y) + \frac{1}{4}(e_{xy} - 2z\chi_{xy})^2 \right]^4 \right\} dx dy \quad (14)$$

burada  $e_x, e_y, e_{xy}$  – lövhənin boyuna və eninə deformasiyaları, habelə onun orta səthinin sürüşmə deformasiyalarıdır:

$$e_x = \frac{\partial u_o}{\partial x} + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial w}{\partial x} \right)^2; \quad e_y = \frac{\partial v_o}{\partial y} + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial w}{\partial y} \right)^2; \quad e_{xy} = \frac{\partial u_o}{\partial x} + \frac{\partial v_o}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial x} \cdot \frac{\partial w}{\partial y}. \quad (15)$$

(15) ifadəsini (14)-də yerinə yazıb lövhənin deformasiya enerjisinin yerdəyiçmələrlə ifadəsini alırıq. Xüsusi hal olaraq lövhəni [5] membran şəklində qəbul etsək, onun orta səthi – təkca dartılmaya məruz qalacaqdır. Ona görə də (14) ifadəsindən potensial enerjisini almaq üçün  $\chi_x = \chi_y = \chi_{xy} = 0$  qəbul edirik və alınmış düsturu  $z$ -ə görə inteqrallayıb aşağıdakı şəkllə salırıq:

$$U = \frac{2}{9} E h^3 \int_0^a \int_0^b \left( e_x^2 + e_y^2 + e_x e_y + e_{xy}^2 \right)^2 dx dy -$$

$$- \frac{4}{45} E_1 h^5 \int_0^a \int_0^b \left( e_x^2 + e_y^2 + e_x e_y + e_{xy}^2 \right)^4 dx dy \quad (16)$$

burada  $h$  – membranın qalınlığıdır.

(15) ifadələrini (16)–da yerinə yazıb potensial enerjisini yerdəyişmələrlə ifadə edirik:

$$U = \frac{2}{9} E h^3 \int_0^a \int_0^b \left\{ \left[ \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right]^2 + \left[ \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial y} + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \right]^2 + \right.$$

$$\left. + \left[ \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right] \left[ \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \right] + \frac{1}{4} \left[ \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial y} \cdot \frac{\partial w}{\partial x} \right]^2 \right\} dx dy +$$

$$+ \frac{4}{45} E_1 h^5 \int_0^a \int_0^b \left\{ \left[ \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right]^2 + \left[ \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial y} + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \right]^2 + \right.$$

$$\left. + \left[ \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right] \left[ \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \right] + \frac{1}{4} \left[ \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial \mathcal{G}}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial y} \cdot \frac{\partial w}{\partial x} \right]^2 \right\} dx dy \quad (17)$$

Lövhənin yalnız bir vertical intensivliyi  $q$  olan yayılmış xarici qüvvələrin təsirindən görülən iş aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$V = q \int_0^a \int_0^b w dx dy \quad (18)$$

Məsələnin həllini  $u$ ,  $\mathcal{G}$  və  $W$  triqonometrik funksiyalar şəklində tərtib edək. Məsələn olaraq planda kvadrat membran ( $a = b$ ) götürək və onun konturu üzrə bütün yerdəyişmələri sifirə bərabər olan qəbul edirik:

$$u = c \cdot \sin \frac{\pi x}{a} \cos \frac{\pi y}{2a};$$

$$\mathcal{G} = c \cdot \sin \frac{\pi y}{a} \cos \frac{\pi x}{2a}; \quad (19)$$

$$w = w_o \cdot \cos \frac{\pi y}{2a} \cos \frac{\pi x}{2a}.$$

(19) ifadələrini (17) və (18) – də yerinə yazıb inteqralları hesablayaraq  $c$  və  $w_o$  iki parametrlərin funksiyaları olan xarici və daxili qüvvələrin gördüyü işlərin ifadələrini alırıq. Bu halda həmin aşağıdakı variasiya tənliklərindən  $a$  və  $w_o$  ifadələri alınır:

$$1) \frac{\partial W}{\partial c} = 0; \quad 2) \frac{\partial W}{\partial w_o} \delta w_o = q \int_{-a}^{+a} \int_{-a}^{+a} \delta w_o \cdot \cos \frac{\pi x}{2a} \cdot \cos \frac{\pi y}{2a} dx dy \quad (20)$$

Sonuncu tənliklərinə daxil olan inteqrallar çox mürəkkəb olduqlarından, onları yalnız təqribi üsullarla həll etmək mümkündür.

Sərt – plastiki membran üçün məsələnin həllini daha sadə üsulla almaq mümkündür [6].

Lövhə üçün (4) ifadəsini müəyyən dəqiqliklə aşağıdakı şəkildə qəbul etmək mümkündür:

$$e_i = \frac{2}{\sqrt{3}}(\varepsilon_x + \varepsilon_y) \quad (21)$$

Bu ifadəni almaq üçün (4) ifadəsini bu şəkllə salaq:

$$e_i = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{(\varepsilon_x + \varepsilon_y)^2 + \frac{1}{4} \gamma_{xy}^2 - \varepsilon_x \varepsilon_y},$$

buradan birinci kökaltı həddini çıxarıb alırıq:

$$e_i = \frac{2}{\sqrt{3}}(\varepsilon_x + \varepsilon_y) \sqrt{1 + \frac{\frac{1}{4} \gamma_{xy}^2 - \varepsilon_x \varepsilon_y}{(\varepsilon_x + \varepsilon_y)^2}}$$

Sonuncu ifadədəki kökaltının ikinci həddi birinci (1) həddinə nisbətən kiçik olduğundan nəzərdən atılır və (21) ifadəsi təsdiqlənir. (15) ifadələrini (21) düsturunda yerinə yazıb alırıq:

$$e \approx \frac{2}{\sqrt{3}}(e_x + \chi_x z + e_y + \chi_y z) = \frac{2}{\sqrt{3}}(e + \chi z) \quad (22)$$

$$\text{burada } e = e_x + e_y, \chi = \chi_x + \chi_y \quad (23)$$

(21) ifadəsini (7)–də yerinə yazıb və müvafiq inteqralladıqdan sonra deformasiya enerjisi aşağıdakı şəkli alır:

$$U = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_a h \int_{-a}^{+a} \int_{-a}^{+a} \int e \, dx \, dy, \quad (24)$$

burada (23) – dən  $e = e_x + e_y$  ifadəsində (15) ifadəsindən birinci iki düsturları yerinə yazıb alırıq:

$$e = \frac{\partial u_o}{\partial x} + \frac{\partial \mathcal{G}_o}{\partial y} + \frac{1}{2} \left[ \left( \frac{\partial \bar{w}}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial \bar{w}}{\partial y} \right)^2 \right] \quad (25)$$

Sonuncu ifadədə yerdəyişmələr üçün xüsusi işarələr qəbul edək:

$$u = c\bar{u}; \quad \mathcal{G} = c_1 \bar{\mathcal{G}}; \quad w = w_o \bar{w} \quad (26)$$

(26) – nı nəzərə almaqla (25) ifadəsini (24) – də yerinə yazıb alırıq [7]

$$U = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_a h \left[ c \cdot I_1 + c_1 \cdot I_2 + \frac{w_o^2}{2} I_3 \right] \quad (27)$$

burada

$$I_1 = \int_{-a}^{+a} \int_{-b}^{+b} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} \, dx \, dy; \quad I_2 = \int_{-a}^{+a} \int_{-b}^{+b} \frac{\partial \bar{\mathcal{G}}}{\partial y} \, dx \, dy; \quad (28)$$

$$I_3 = \int_{-a}^{+a} \int_{-b}^{+b} \left[ \left( \frac{\partial \bar{w}}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial \bar{w}}{\partial y} \right)^2 \right] \, dx \, dy. \quad (29)$$

Xarici qüvvələrin potensialının dəyişməsi aşağıdakı kimidir:

$$V = \int_{-a}^{+a} \int_{-b}^{+b} q w_o \bar{w} \, dx \, dy = q w_o I_4, \quad (30)$$

burada

$$I_4 = \int_{-a}^{+a} \int_{-b}^{+b} \bar{w} \, dx \, dy \quad (31)$$

Deformasiyanın tam enerjisini alırıq:

$$W = U - V = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_a h \left( c \cdot I_1 + c_1 \cdot I_2 + \frac{w_o^2}{2} I_3 \right) - q w_o \cdot I_4 \quad (32)$$

(32)-ni  $w_o$  – a görə diferensiallayıb və törəməni sıfıra bərabərləşdirib gərginliklərlə deformasiyalar arasındakı asılılığı alırıq:

$$d = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_a h \frac{I_3}{I_4} - w_o, \quad (33)$$

Buradan görünür ki, əyinti ilə yük arasında xətti asılılıq mövcuddur və bu hal təcrübə ilə təsdiqlənir. Yükün qiyməti  $I_3/I_4$  inteqrallar nisbəti ilə müəyyən olunurlar, hansılara ki,  $u$  və  $\mathcal{G}$  boyunca yerdəyişmələr funksiyaları daxil deyillər.

### III. Fiziki və həndəsi qeyri – xətti lövhələrin və yatıq qabıqların təqribi hesablama üsulu.

Göstərilən təqribi hesablama üsulunu deformasiyaların intensivliyi üçün (21) sadələşdirilmiş düsturu üzərində qurmaq mümkündür. Nəzərə almaq lazımdır ki, bu düsturdan konturlarının yerdəyişmələri mümkün olan qabıqlar üçün qəbul edilən dəqiqliklə tətbiq etmək olar [8]. (21) ifadəsini (6)–da yerinə yazıb daxili qüvvələrin işinin (potensial enerjisinin) ifadəsini alırıq:

$$U = \iint \int_{-\frac{h}{2}}^{\frac{h}{2}} \left[ \frac{2}{3} E (e + \chi_z)^2 - \frac{4}{9} E_1 (e + \chi_z)^4 \right] dx dy dz \quad (34)$$

Sonuncu ifadəni  $z$  – ə görə inteqrallayıb alırıq:

$$U = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_a \iint \left\{ \frac{2}{3} E \cdot \left[ \frac{\left( e + \chi \frac{h}{2} \right)^3 - \left( e - \chi \frac{h}{2} \right)^3}{\chi} \right] - \frac{4}{9} E_1 \cdot \left[ \frac{\left( e + \chi \frac{h}{2} \right)^5 - \left( e - \chi \frac{h}{2} \right)^5}{\chi} \right] \right\} dx dy \quad (35)$$

Burada ikiqat inteqral qabığının bütün dayaq sahəsini əhatə edir. Bununla əlaqədar olaraq qüvvə ilə əyinti arasındakı asılılığın ümumi xarakterini təyin edək. Bunun üçün kubatur düsturları hesablamalarda [9] təkcə bir sıfır nöqtəsi ilə kifayətlənək:

$$U = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_a \left\{ \frac{\frac{2}{3} E \cdot \left[ \left( e_o + \chi_o \frac{h}{2} \right)^3 - \left( e_o - \chi_o \frac{h}{2} \right)^3 \right]}{\chi_o} - \frac{\frac{4}{9} E_1 \cdot \left[ \left( e_o + \chi_o \frac{h}{2} \right)^5 - \left( e_o - \chi_o \frac{h}{2} \right)^5 \right]}{\chi_o} \right\} dx dy \quad (36)$$

Burada  $e_o$  və  $\chi_o$  (23) kəmiyyətlərinin  $(a/2, b/2)$  koordinatlarının  $\mathcal{A}$  nöqtəsindəki (şək. 1) qiymətləridir. (23) düsturlarını nəzərə alaraq aşağıdakı ifadəsini qəbul edirik:



$$e_o = (e + e_1)a_o - (k_x + k_y)w_o \bar{w}_o - \frac{w_o^2}{2}b_o \quad (37)$$

burada  $a_o, \bar{w}_o, b_o - u, \vartheta$  və  $W$  funksiyaları və onların törəmələrini koordinatları  $(a/2, b/2)$  olan nöqtəsində qiymətlərini ifadə edən bəzi məchul əmsallardır. ilə qabığın ortasındakı əyinti işarə edilmişdir. (37) düsturunu tərtib etdikdə (26) ifadəsi nəzərə alınmışdır (10).

Digər fərziyyə ondan ibarətdir ki,  $\alpha, \alpha_1$  və  $w_o$  əmsalları ilə asılılıq xəttini nəzəriyyəyə uyğun qəbul edirik:

$$\left. \begin{aligned} c &= w_o k_x a_1 - \frac{w_o^2}{2} a_2; \\ c_1 &= w_o k_y b_1 - \frac{w_o^2}{2} b_2, \end{aligned} \right\} \quad (38)$$

burada  $a_1, a_2, b_1, b_2 -$  təyin edilməsi tələb olunan bəzi əmsallardır. (38) ifadələrini tərəf – tərəfə toplayaq:

$$c + c_1 = w_o - (k_x + k_y)(a_1 + b_1) - \frac{w_o^2}{2}(a_2 + b_2) \quad (39)$$

(39) – u (37) – də yerinə yazıb alırıq:

$$e_o = w_o(k_x + k_y) \cdot s + \frac{w_o^2}{2}m, \quad (40)$$

burada

$$s = (a_1 + b_1)a_o - \bar{w}_o; \quad m = b_o - (a_2 + b_2)a_o \quad (41)$$

Xarici qüvvələrin işi üçün (12) düsturunu, habelə (41) asılılığını nəzərə alaraq, sistemin tam enerjisinin ifadəsini təyin edirik [11]

$$W = \frac{2}{\sqrt{3}}ab\sigma_a \left\{ \frac{\frac{2}{3}E \cdot \left[ \left( e_o + \chi_o \frac{h}{2} \right)^3 - \left( e_o - \chi_o \frac{h}{2} \right)^3 \right]}{\chi_o} - \frac{\frac{4}{9}E_1 \cdot \left[ \left( e_o + \chi_o \frac{h}{2} \right)^5 - \left( e_o - \chi_o \frac{h}{2} \right)^5 \right]}{\chi_o} \right\} q w_o \frac{16ab}{\pi^2} \quad (42)$$

Bu ifadədən  $w_o - a$  görə törəmə alıb qüvvə ilə əyinti arasındakı asılılığı müəyyən edirik. Bu asılılıq (40) ifadəsi qiymətlərini yerinə yazıb aşağıdakı şəkli alır (düstur silindrik planda kvadratik qabıq üçün  $k_y = 0; b = a$  olduğu halda alınmışdır):

$$q = \frac{2\pi^2\sigma_a}{\sqrt{3}} \left[ \frac{B(3cw_o - B) - \bar{B}(3\bar{c}w_o - \bar{B})}{w_o^2 \cdot c_o} - \frac{B(5cw_o - B) - \bar{B}(5\bar{c}w_o - \bar{B})}{w_o^2 \cdot c_o} \right] \quad (43)$$

Burada:

$$\left. \begin{aligned} B &= w_o k_x s + \frac{w_o^2}{2} m + \frac{h}{2} c_o w_o; \\ \bar{B} &= w_o k_x s + \frac{w_o^2}{2} m - \frac{h}{2} c_o w_o; \\ c &= w_o b_o - w \cdot k_x + \frac{h}{2} c_o; \\ \bar{c} &= w_o b_o - w \cdot k_x - \frac{h}{2} c_o \end{aligned} \right\} \quad (44)$$

Aşağıdakı ölçüsüz parametrləri daxil edək:

$$p = \frac{q(2a)^4}{Eh^4}; \quad \frac{w_o}{h} = \xi; \quad \frac{f_o}{h} = \xi_o; \quad k_x = \frac{1}{R} = \frac{2f_o}{a^2} = \frac{2\xi_o h}{a^2} \quad (45)$$

burada  $f_o$  – qabığın ilkin qalxması;  $a$  – qabığın kvadrat oturma planının tərəfinin yarısı.

(44) ifadələrində bəzi ölçüləri uyğun kəmiyyətlər qəbul olunmuşdur:

$$m = \frac{\bar{m}}{a^2}; \quad b_o = \frac{\bar{b}_o}{a^2}; \quad c_o = \frac{\bar{c}_o}{a^2} \quad (46)$$

(45) və (46) ifadələrini (44) – də yerinə yazıb alırıq:

$$\left. \begin{aligned} B &= \frac{h^2}{a^2} \left( 2s\xi_o + \frac{m}{2}\xi + \frac{\bar{c}_o}{2} \right) = \frac{h^2}{a^2} b^* \xi; \\ \bar{B} &= \frac{h^2}{a^2} \left( 2s\xi_o + \frac{m}{2}\xi - \frac{\bar{c}_o}{2} \right) = \frac{h^2}{a^2} \bar{b}^* \xi; \\ c &= \frac{h}{a^2} \left( \bar{b}_o \xi - 2\bar{w}_o \xi_o + \frac{\bar{c}_o}{2} \right) = \frac{h}{a^2} c^*; \\ \bar{c} &= \frac{h}{a^2} \left( \bar{b}_o \xi - 2\bar{w}_o \xi_o - \frac{\bar{c}_o}{2} \right) = \frac{h}{a^2} \bar{c}^* \end{aligned} \right\} \quad (47)$$

(45) və (47) ifadələrini (43) – də yerinə yazıb alırıq:

$$P = D_k \left\{ [(b^*)(3\bar{c}^* - b^*) - (\bar{b}^*)(3c^* - \bar{b}^*)] - [(b^*)(5\bar{c}^* - b^*) - (\bar{b}^*)(5c^* - \bar{b}^*)] \right\} \cdot \xi^*, \quad (48)$$

burada

$$\left. \begin{aligned} b^* &= 2s\xi_o + \frac{m}{2}\xi + \frac{\bar{c}_o}{2}; \\ \bar{b}^* &= 2s\xi_o + \frac{m}{2}\xi - \frac{\bar{c}_o}{2}; \\ c^* &= \bar{b}_o \xi - 2\bar{w}_o \xi_o + \frac{\bar{c}_o}{2}; \\ \bar{c}^* &= \bar{b}_o \xi - 2\bar{w}_o \xi_o - \frac{\bar{c}_o}{2}; \end{aligned} \right\} \quad (49)$$

$$D_k = \frac{2\pi^2 \sigma_o}{\sqrt{3}}. \quad (50)$$

(49) ifadələrindəki məchul əmsalları  $(\bar{m}, \bar{b}_o, s, \bar{w}_o, \bar{c}_o)$  aşağıdakı şərtlərdən təyin edirik [12].

1.  $k = 0$ ;  $A = \sigma_o$ ;  $\xi_o = 0$  olduqda (48) ifadəsi  $\sigma_o = \sigma_{mh}$  (mütənasib həddi ilə əvəz edildikdə) (48) düsturu aşağıdakı şəkllə düşür:

$$q = \frac{\pi^4 \sigma_{mh} \sigma_o h}{16a^2 \sqrt{3}} \quad (51)$$

2.  $k = 1$ ;  $A = E$  olduqda (48) ifadəsi bu şəkli alır:

$$P = \alpha_1 \xi^3 + \alpha_2 \xi^2 \xi_o + \alpha_3 \xi \xi_o^2 + \alpha_4 \xi. \quad (52)$$

(48) düsturundan 1 və 2 şərtlərini ümumiləşdirib qüvvə ilə əyinti arasında iki asılılıqları alırıq:

1.  $k = 0$ ;  $A = \sigma_{mh}$  :

$$q = \frac{\pi^2 \bar{b}_o w_o h}{3\sqrt{3} a^2} \sigma_{mh}; \quad (53)$$

2.  $k = 1$ ;  $A = E$  :

$$P = \frac{16\pi^2}{9} \bar{m} \bar{b}_o \xi^3 - \frac{32}{9} \pi^2 (2s \bar{b}_o - \bar{m} \bar{w}_o) \xi_o \xi^2 - \frac{128\pi^2}{9} s \bar{w}_o \xi_o^2 \xi + \frac{8\pi^2}{27} \bar{c}_o^2 \xi. \quad (54)$$

(52)-ni (51) ilə, (54)-ü isə (52) ilə müqayisə edib  $\bar{b}_o, \bar{m}, s, \bar{w}_o$  və  $\bar{c}_o$  beş əmsallarının təyin edilməsi üçün aşağıdakı beş tənlikləri alırıq:

$$\left. \begin{aligned} \bar{b}_o &= \frac{3\pi^2}{9}; & \frac{16\pi^2}{9} \bar{b}_o \bar{m} &= \alpha_1; \\ \frac{32\pi^2}{9} (2s \bar{w} - \bar{m} \bar{w}_o) &= \alpha_2; \\ -\frac{128\pi^2}{9} \bar{w}_o s &= \alpha_3; & -\frac{8\pi^2}{27} \bar{c}_o^2 &= \alpha_4 \end{aligned} \right\} \quad (55)$$

(55) tənliklər sistemini həll edib həmin əmsalları tapırıq:

$$\left. \begin{aligned} \bar{b}_o &= \frac{3\pi^2}{9}; & \bar{m} &= \frac{3\alpha_1}{\pi^4}; & s &= \frac{3\alpha_2}{8\pi^4} \beta_{1,2}; \\ \bar{w}_o &= -\frac{3\pi^2}{16} \frac{\alpha_3}{\beta_{1,2}} = \frac{3\pi^2}{64} \frac{\alpha_2}{\alpha_1} \beta_{1,2}; \\ \bar{c}_o &= \frac{3\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{\sqrt{\alpha_4}}{\pi} \end{aligned} \right\} \quad (56)$$

## Ədəbiyyat

1. Броуде Б.М. Роль нелинейных задач в расчёте конструкций. Физически и геометрически нелинейные задачи теории пластин и оболочек. Тарту, изд. Тартуского университета, 1966
2. Петров В.В., Овчинников И.Г., Ярославский В.И. Расчёт пластинок и оболочек из нелинейно-упругого материала. Саратов, изд. Саратовского университета, 1976
3. Проскурина В.М. Учёт физической нелинейности в задачах об изгибе гибких пластинок: Науч. докл. высшей школы. Серия: Строительство, № 2. Советская наука, 1958
4. Феодосьев В.И. Геометрически нелинейные задачи теории пластин и оболочек. Труды VI Всесоюзной конференции по теории оболочек и пластин. М.Наука, 1966
5. Лукаш П.А. О некоторых зависимостях между напряжениями и деформациями в нелинейной теории упругости. Исследования по теории сооружений. Стройиздат, 1975

6. Цурков И.С. К вопросу об упругопластическом изгибе металлических панелей пологих оболочек при конечных прогибах. Инженерный журнал А.Н.СССР, 1961
7. Цурпал И.А. Расчёт элементов конструкций из нелинейно– упругих материалов. Киев, Техника, 1976
8. Лукаш П.А. Основы нелинейной строительной механики. М., Стройиздат, 204с. 1978
9. Корнишин М.С. Нелинейные задачи теории пластин и пологих оболочек и методы их решения. Наука, 1964
10. Sadiqov İ.R. Qeyri– bircinsli ortotrop çevik yatiq qabıqların qeyri– xətti elastiki deformasiyası. Azərbaycan Mühəndislik Akademiyası, elmi əsərləri, 2016
11. Садигов И.Р. Нелинейно–упругие деформации гибких цилиндрических оболочек открытого профиля с переменной толщиной. Известия А.Н. Азербайджана, серия физ. мат. и техн. наук, том XVI, № 1–3, 1995

## References

1. Broude B.M. Rol' nelinejnyh zadach v raschyote konstrukcij. Fizicheski i geometricheski nelinejnye zadachi teorii plastin i obolocek. Tartu, izd. Tartuskogo universiteta, 1966
2. Petrov V.V., Ovchinnikov I.G., Yaroslavskij V.I. Raschyot plastinok i obolocek iz nelinejno– uprugogo materiala. Saratov, izd. Saratovskogo universiteta, 1976
3. Proskurina V.M. Uchyot fizicheskoj nelinejnosti v zadachah ob izgibe gibkih plastinok: Nauch. dokl. vysshej shkoly. Seriya: Stroitel'stvo, № 2. Sovetskaya nauka, 1958
4. Feodos'ev V.I. Geometricheski nelinejnye zadachi teorii plastin i obolocek. Trudy VI Vsesoyuznyj konferencii po teorii obolocek i plastin. M.Nauka, 1966
5. Lukash P.A. O nekotoryh zavisimostyah mezhdu napryazheniyami i deformacijami v nelinejnoj teorii uprugosti. Issledovaniya po teorii sooruzhenij. Strojizdat, 1975
6. Curkov I.S. K voprosu ob uprugoplasticheskom izgibe metallicheskih panelej pologih obolocek pri konechnyh progibah. Inzhenernyj zhurnal A.N.SSSR, 1961
7. Curpal I.A. Raschyot elementov konstrukcij iz nelinejno– uprugih materialov. Kiev, Tekhnika, 1976
8. Lukash P.A. Osnovy nelinejnoj stroitel'noj mekhaniki. M., Strojizdat, 204s. 1978
9. Kornishin M.S. Nelinejnye zadachi teorii plastin i pologih obolocek i metody ih resheniya. Nauka, 1964
10. Sadiqov I.R. Qeyri– bircinsli ortotrop evik yatiq qabıqların qeyri– xətti elastiki deformasiyası. Azərbaycan Muhəndislik Akademiyası, Elmi eserleri, 2016
11. Sadigov I.R. Nelinejno–uprugie deformacii gibkih cilindriceskih obolocek otkrytogo profilya s peremennoj tolshchinoj. Izvestiya A.N. Azerbajdzhana, seriya fiz. mat. i tekhn. nauk, tom XVI, № 1–3, 1995

*Məqaləyə istinad: Sadiqov İ.R. Fiziki və həndəsi qeyri– xətti lövhələr və yatiq qabıqların deformasiyasına dair məsələlər. Elmi Əsərlər jurnalı/ Scientific works. AzMIU, s. 187-196, N2, 2023*

*For citation: Sadigov I.R. Physical and geometric problems of deformation of non-linear plates and bearing shells. Elmi Əsərlər jurnalı/ Scientific works. AzUAC, p. 187-196, N2, 2023*

***Məqalə INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES (AERS2023) adlı konfrans materialıdır.***

### FREE OSCILLATIONS OF A RING-REINFORCED, SHEAR-DAMAGED CYLINDRICAL SHELL IN CONTACT WITH VISCOELASTIC SOIL AND FLUID

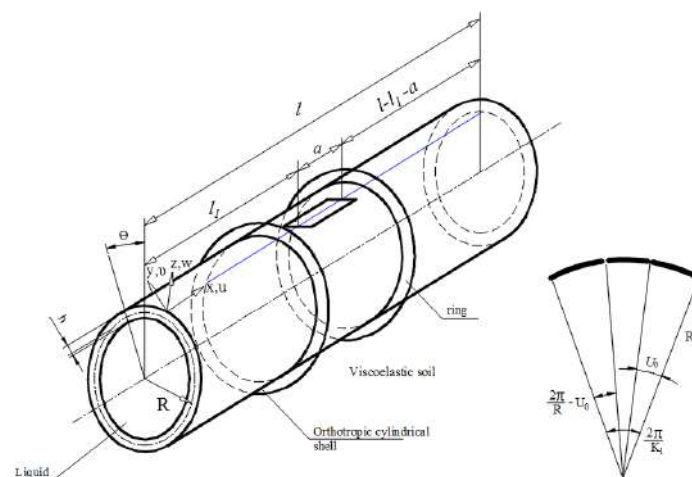
**Latifov Fuad Seyfaddin**- doctor of phy. and math.sc., professor, department of Higher Mathematics, AzUAC, flatifov@mail.ru

**Mardanov Ilham Jumail**- doctor of phy. and math. sc., prof., department of Higher Mathematics, AzUAC,

**Sadikov Polad Mammed**- doctor of phy. and math. scie., ass.prof., department of Higher Mathematics, AzUAC, sadikov-54@yandex.com

The system we studied consists of a cylindrical shell reinforced with discretely distributed ribs made of viscoelastic, orthotropic material in contact with viscoelastic soil. The incisions are rectangular in shape and located in a section divided by rings, as shown in Figure 1.

To study the oscillations of this system, we will use the full energy of the viscoelastic, orthotropic perforated cylindrical shell reinforced with ribs, as well as the work done in the displacements of the points of the cylindrical shell and the contact conditions added to them. However, the total energy of the system is carried not over the entire  $S$  surface, but over the  $S - S_*$  surface, where  $S_*$  is the cross-sectional area. It should be noted that the liquid is located inside the cylindrical shell, while the soil is located outside. The liquid is considered ideal, while the soil is considered viscoelastic.



**Figure 1.** An orthotropic, rectangular cross-sectional viscoelastic cylindrical shell in dynamic contact with fluid and viscoelastic soil, reinforced with rings

The total energy of the system consisting of an anisotropic cylindrical shell reinforced with discretely distributed rings on its surface is given by [1]:

$$\begin{aligned} \Pi_{dh} = & \frac{1}{2} R^2 \iint_{S-S_*} (N_{11} \varepsilon_{11} + N_{22} \varepsilon_{22} + N_{12} \varepsilon_{12} - M_{11} \chi_{11} - M_{22} \chi_{22} - \\ & M_{12} \chi_{12}) d\xi d\theta + + \frac{R}{2} \int_0^{2\pi} [E_j F_j \left(\frac{\partial \theta_j}{R \partial \theta} - \frac{w_j}{R}\right)^2 + \check{E}_j J_{xj} \left(\frac{\partial^2 w_j}{\partial x^2} + \frac{w_j}{R^2}\right)^2 + \\ & + \check{E}_j J_{zj} \left(\frac{\partial^2 u_j}{R^2 \partial \theta^2} - \frac{\varphi_{kpi}}{R}\right)^2 + \check{G}_j J_{kpi} \left(\frac{\partial \varphi_{kpi}}{R \partial \theta} + \frac{1}{R} \frac{\partial u_j}{\partial y}\right)^2] d\theta + \rho_0 R h \int_0^{\xi_1} \int_0^{2\pi} \left[ \left(\frac{\partial u}{\partial t}\right)^2 + \left(\frac{\partial \theta}{\partial t}\right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial t}\right)^2 \right] \\ & d\xi d\theta + \end{aligned}$$

$$+ \sum_{j=1}^{k_2} \tilde{\rho}_j F_j R \int_0^{2\pi} \left[ \left( \frac{\partial u_j}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial \vartheta_j}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial w_j}{\partial t} \right)^2 + \frac{J_{k_{pj}}}{F_j} \left( \frac{\partial \varphi_{k_{pj}}}{\partial t} \right)^2 \right] d\theta - \iint_{S-S_*} (q_z - q_{zz}) w d\xi d\theta \quad (1)$$

The expressions of internal forces and moments are:

$$N_{ij} = \int_{-h/2}^{h/2} (\sigma_{ij} + z w_{ij}) dz; \quad M_{ij} = - \int_{-h/2}^{h/2} (\sigma_{ij} + z w_{ij}) z dz \quad (2)$$

$$w_{11} = b_{11} \chi_{11} + b_{12} \chi_{22}; \quad w_{22} = b_{12} \chi_{11} + b_{22} \chi_{22}; \quad w_{21} = w_{12} = b_{66} \chi_{12}.$$

(2) The stresses  $\sigma_{ij}$  and components of the deformation tensor  $\varepsilon_{ij}$  of the middle surface are included in the expressions as follows:

$$\sigma_{11} = b_{11} \varepsilon_{11} + b_{12} \varepsilon_{22} \quad \sigma_{12} = b_{66} \varepsilon_{12} \quad \sigma_{22} = b_{12} \varepsilon_{11} + b_{22} \varepsilon_{22} \quad (3)$$

We will take the deformation components  $\varepsilon_{ij} (i, j = 1, 2)$  included in (2) and (3) as follows:

$$\varepsilon_{ij} = \tilde{\varepsilon}_{ij} + \int_{-\infty}^t \Gamma(t - \tau) \tilde{\varepsilon}_{ij}(\tau) d\tau \quad (4)$$

Here

$$\tilde{\varepsilon}_{11} = \frac{\partial u}{\partial x}; \quad \tilde{\varepsilon}_{22} = \frac{\partial \vartheta}{\partial y} + w; \quad \tilde{\varepsilon}_{12} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial \vartheta}{\partial x} \quad \chi_{11} = \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}; \quad \chi_{22} = \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}; \quad \chi_{12} = -2 \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \quad (5)$$

$\Gamma(t - \tau)$  – is the viscosity core.

In expressions (2) and (3),  $b_{11}$ ,  $b_{22}$ ,  $b_{12}$  and  $b_{66}$  are the main elastic moduli of the cylindrical shell made of orthotropic material, the Young's moduli in the direction of the coordinate lines  $E_1, E_2$  are expressed as the Young's modulus  $G$  and Poisson's coefficients  $\nu_1, \nu_2$ :

$$b_{11} = \frac{E_1}{1 - \nu_1 \nu_2}; \quad b_{22} = \frac{E_2}{1 - \nu_1 \nu_2}; \quad b_{12} = \frac{\nu_2 E_1}{1 - \nu_1 \nu_2} = \frac{\nu_1 E_2}{1 - \nu_1 \nu_2}; \quad b_{66} = G_{12} = G.$$

In expression (1),  $u, \vartheta, w$  – displacements of the points of the middle surface of the cover,  $u_i, \vartheta_i, w_i$  – displacements of the shaft points,  $R, h$  – the radius and thickness of the cylindrical shell, respectively,  $\tilde{E}_j$  – Young's modulus of the material of the ring,  $F_j$  – j Cross-sectional area of the -th ring,  $I_{xj}, I_{k_{pj}}$  – moments of inertia of the cross-section of the j-th ring  $\tilde{G}_j$  – Jung's modulus of the j-th ring in sliding,  $k_2$  – number of rings,  $t$  – time,  $\rho_0$  – of the cylindrical cover,  $\tilde{\rho}_j$  – j - are the densities of the materials of the th ring.

It is assumed that the following rigid contact conditions between the cylindrical cover and the rods are satisfied [2]:

$$u_i(x) = u(x, y_i), \vartheta_i(x) = \vartheta(x, y_i), w_i(x) = w(x, y_i) \quad (6)$$

It is assumed that the anisotropic cylindrical cover is finite and its ends are connected by joints. That is, the following conditions are satisfied at the edges

$$\xi = 0 \quad \forall \xi = \xi_1 : \vartheta = w = 0; \quad T_1 = 0; \quad M_1 = 0 \quad (7)$$

The effect of the soil and liquid on the cylindrical cover  $q_z, q_{zz}$  is calculated as follow

$$A_{0d} = - \iint_{S-S_*} (q_z - q_{zz}) w d\xi d\theta \quad (8)$$

Here  $q_z$  is the normal force acting on the cylindrical shell by the viscoelastic soil and is calculated as follows:

$$q_z = kw + \int_{-\infty}^t \Gamma_*(t - \tau) w(\tau) d\tau \quad (9)$$

Here  $\Gamma_*$  is the (t- $\tau$ )-viscosity kernel.

Since the force does not act on the section, the work done by them in the displacement of the points of the cylindrical shell will be zero.

As a result, the solution of the considered problem is the (1) total energy (6) contact and (7) boundaries of the structure consisting of a cylindrical cover with a rectangular cross-section, which is in dynamic contact with the visco-elastic soil and liquid, and the anisotropy and visco-elastic properties of its material are taken into account. is brought to joint integration within the conditions.

We will look for the components of the shell displacement vector as follows:  $u = u_0 \sin \chi \xi \cos n \theta \sin \omega t$

$$\vartheta = \vartheta_0 \cos \chi \xi \sin n \theta \sin \omega t \tag{10}$$

$$w = w_0 \cos \chi \xi \cos n \theta \sin \omega t$$

Here  $\xi = \frac{x}{l}$ ,  $u_0, \vartheta_0, w_0$ - are unknown constants.

Using the property of the integral  $\iint_{S-S_*} = \iint_S - \iint_{S_*}$  and the solutions of (12), the pressure force applied to the cylindrical shell from the soil and liquid sides is seen in the displacements of the points of the shell we can calculate the work. Since  $S^*$  is a rectangular area, we can write  $(l_1 \leq x \leq l_1 + a, \varphi_0 R \leq b \leq \frac{2\pi}{k_1} - \varphi_0 R)$ :

$$A_{0d} = \frac{\pi \xi_1}{2} \phi_{an} \rho_m \left( \omega^2 - \frac{v^2 \chi^2}{R^2} \right) w_0^2 \sin^2 \omega t + \left( k \sin^2 \omega t + \int_{-\infty}^t \Gamma_*(t - \tau) \sin^2 \omega \tau d\tau \right) \times \tag{11}$$

$$\times \left\{ \frac{1}{2} \pi l - \frac{1}{2} a \left[ \frac{\pi R}{k_1} - \varphi_0 R + \frac{1}{n} \sin 2n \left( \frac{\pi R}{k_1} - \varphi_0 R \right) \cos \frac{4n\pi R}{k_1} \right] + \frac{1}{2\chi} \sin 2\chi a \cos 2\chi (2 l_1 + a) \right\} w_0^2$$

Substituting expressions (10) into (1) and considering (11), we obtain for the total energy of an orthotropic viscoelastic cylindrical shell with a rectangular cross-section, reinforced with rings, in dynamic contact with viscoelastic soil and a liquid:

$$\Pi_{hd} = \tilde{d}_{11} u_0^2 + \tilde{d}_{22} \vartheta_0^2 + \tilde{d}_{33} w_0^2 + \tilde{d}_{12} u_0 \vartheta_0 + \tilde{d}_{13} u_0 w_0 + \tilde{d}_{23} \vartheta_0 w_0 \tag{12}$$

$$\tilde{d}_{11} = \left[ \frac{h}{2R} (b_{11} \chi^2 + b_{66} n^2) \left( \frac{\pi}{2\omega} + F(\omega) \right) + \rho_0 \frac{h}{R} \omega^2 \right] \times$$

$$\times \left\{ \frac{1}{2} \pi l - \left[ \frac{\pi R}{k_1} - \varphi_0 R + \frac{1}{n} \sin 2n \left( \frac{\pi R}{k_1} - \varphi_0 R \right) \cos \frac{4n\pi R}{k_1} \right] \times \right.$$

$$\times \left. \frac{1}{2} a + \frac{1}{2\chi} \sin 2\chi a \cos 2\chi (2 l_1 + a) \right\} + \frac{\pi}{2\omega R} \sum_{j=1}^{k_2} \frac{\check{G}_j n^2}{R^2 \check{E}_j} J \cos^2 \frac{k \xi_j}{L} \frac{1}{k_{p,j}} ;$$

$$\tilde{d}_{22} = \left[ \frac{h}{2R} (b_{22} n^2 + b_{66} \chi^2) \left( \frac{\pi}{2\omega} + F(\omega) \right) + \rho_0 \frac{\pi}{2} \frac{h}{R} \omega \right] \times$$

$$\times \left\{ \frac{1}{2} \pi l - \left[ \frac{\pi R}{k_1} - \varphi_0 R + \frac{1}{n} \sin 2n \left( \frac{\pi R}{k_1} - \varphi_0 R \right) \cos \frac{4n\pi R}{k_1} \right] \times \frac{1}{2} a + \right.$$

$$+ \frac{1}{2\chi} \sin 2\chi a \cos 2\chi (2 l_1 + a) \left. \right\} + \frac{\pi}{2R} \sum_{j=1}^{k_2} \check{E}_j F_j \sin^2 \frac{k \xi_j}{L} - \omega^2 \pi \sum_{j=1}^{k_2} \check{\rho}_j F_j \cos^2 \chi \xi_j$$

$$d_{33} = \left\{ \frac{h}{2R} \left[ -\frac{h}{4} \chi^2 b_{12} - \frac{h}{4} b_{22} n^2 + \frac{h^2}{12} (n^2 \chi b_{12} + n^4 b_{22}) + \frac{h^2}{3} \chi^2 n^2 b_{66} + \right. \right.$$

$$+ \left. b_{22} \right] \left( \frac{\pi}{2\omega} + F(\omega) \right) + \rho_0 \frac{h}{2R} \omega \left\{ \frac{1}{2} \pi l - \left[ \frac{\pi R}{k_1} - \varphi_0 R + \frac{1}{n} \sin 2n \left( \frac{\pi R}{k_1} - \right. \right. \right.$$

$$\left. \left. - \varphi_0 R \right) \cos \frac{4n\pi R}{k_1} \right] \times \frac{1}{2} a + \frac{1}{2\chi} \sin 2\chi a \cos 2\chi (2 l_1 + a) \right\} +$$

$$+ \left[ \frac{\pi}{2R} \sum_{j=1}^{k_2} \left( \check{E}_j F_j \frac{h_j^2 n^4}{R^2} + \frac{J_{xj}}{R^2} (1 - n^2)^2 \right) \sin^2 \frac{k \xi_j}{L} + \frac{\check{G}_j}{R^2 \check{E}_j} J_{k_{p,j}} n^2 k^2 \cos^2 \frac{k \xi_j}{L} - \right.$$

$$\left. - \omega^2 \pi \sum_{j=1}^{k_2} \check{\rho}_j F_j \cos^2 \chi \xi_j \right] \frac{\pi}{2\omega} \Bigg\} ;$$

$$\begin{aligned} \tilde{d}_{12} &= 2n\chi \frac{\pi L h}{4R} (b_{12} + b_{66}) \left( \frac{\pi}{2\omega} + F(\omega) \right) \left\{ \frac{1}{2} \pi l - \left[ \frac{\pi R}{k_1} - \varphi_0 R + \frac{1}{n} \sin 2n \left( \frac{\pi R}{k_1} - \varphi_0 R \right) \cos \frac{4n\pi R}{k_1} \right] \times \frac{1}{2} a + \frac{1}{2\chi} \sin 2\chi a \cos 2\chi(2l_1 + a) \right\} \\ \tilde{d}_{13} &= \left( -2\chi b_{12} + \frac{h}{4} \chi^3 b_{11} + \frac{h}{4} n^2 \chi b_{12} - \frac{h}{2} b_{66} \chi n^2 \right) \left( \frac{\pi}{2\omega} + F(\omega) \right) \times \\ &\times \left\{ \frac{1}{2} \pi l - \left[ \frac{\pi R}{k_1} - \varphi_0 R + \frac{1}{n} \sin 2n \left( \frac{\pi R}{k_1} - \varphi_0 R \right) \cos \frac{4n\pi R}{k_1} \right] \times \right. \\ &\times \left. \frac{1}{2} a + \frac{1}{2\chi} \sin 2\chi a \cos 2\chi(2l_1 + a) \right\} + \frac{\pi^2}{2\omega R} \sum_{j=1}^{k_2} F_j \frac{n^2 k \check{G}_j}{R^2} J \cos^2 \frac{k\xi_j}{L_{kp,j}} \\ \tilde{d}_{23} &= \left( 2n b_{22} - \frac{h}{4} n \chi^2 b_{12} + \frac{h}{4} b_{22} n^3 + \frac{h}{2} b_{66} n \chi^2 \right) \left( \frac{\pi}{2\omega} + F(\omega) \right) \times \\ &\times \left\{ \frac{1}{2} \pi l - \left[ \frac{\pi R}{k_1} - \varphi_0 R + \frac{1}{n} \sin 2n \left( \frac{\pi R}{k_1} - \varphi_0 R \right) \cos \frac{4n\pi R}{k_1} \right] \times \right. \\ &\times \left. \frac{1}{2} a + \frac{1}{2\chi} \sin 2\chi a \cos 2\chi(2l_1 + a) \right\} - \frac{\pi^2}{2\omega R} \sum_{j=1}^{k_2} \frac{h_j n^2}{R} \check{E}_j F_j \sin^2 \frac{k\xi_j}{L} \end{aligned}$$

If we vary the equation (12) according to the free quantities  $u_0, v_0, w_0$  and take the coefficients of the free variations to be zero, we get the following system of homogeneous algebraic equations. Since the obtained system is a system of linear homogeneous algebraic equations, it is a necessary and sufficient condition that the principal determinant is equal to zero for the existence of its non-trivial solution. As a result, we get the following frequency equation:

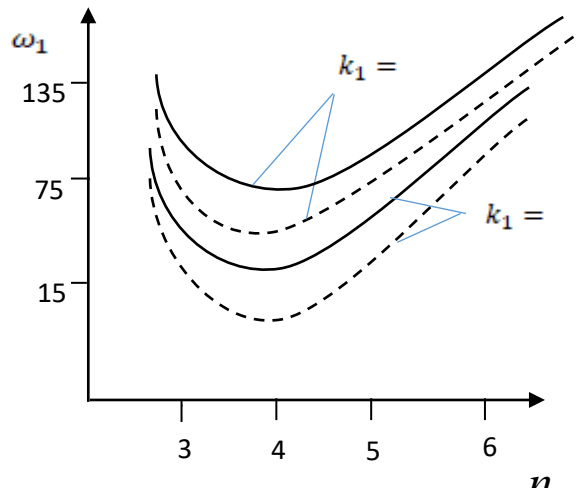
$$8\tilde{d}_{11} \tilde{d}_{22} \tilde{d}_{33} + \tilde{d}_{22} \tilde{d}_{23} \tilde{d}_{13} + \tilde{d}_{12} \tilde{d}_{23} \tilde{d}_{12} - 2\tilde{d}_{22} \tilde{d}_{13}^2 - 2\tilde{d}_{11} \tilde{d}_{23}^2 - 2\tilde{d}_{33} \tilde{d}_{12}^2 = 0 \tag{13}$$

Equation (13) is a transcendental equation with respect to the unknown  $\omega$ . Its roots are found by the numerical method. In the calculation process, the quantities determining the cover, ribs, cross-section dimensions and soil were taken as follows[3,4]:  $\rho_0 = \rho_j = 0,26 \cdot 10^4 \text{ Nsan}^2/\text{m}^4$ ,  $\beta = 0,05$ ;  $E_j = 6,67 \cdot 10^9 \frac{\text{N}^2}{\text{m}}$ ;  $\nu = 0,3$ ;

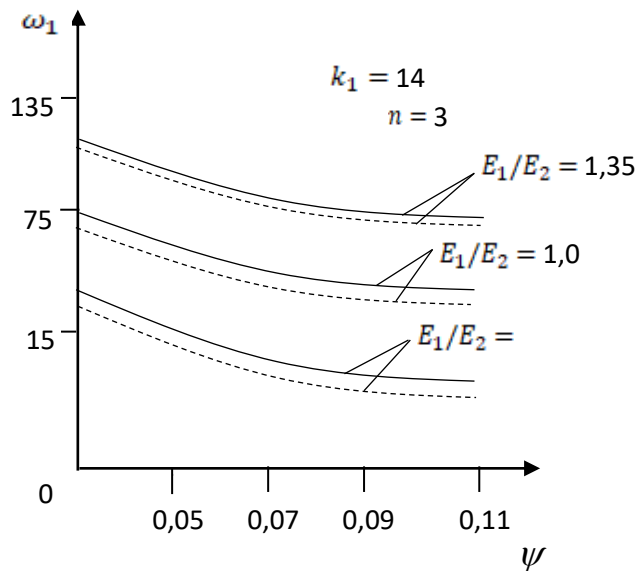
$$k = 5,3 \cdot 10^7 \text{ N} / \text{m}^2; \varphi_0 = \frac{\pi}{72}; a = 50\text{mm}$$

The results of the calculation are given in the form of dependence of  $\omega_1$  on the wave number  $n$  in figure 2, viscosity parameter of  $\omega_1$  in figure 3, and the number of transverse ribs  $\kappa_2$  in figure 4  $b_{11}=18,3 \text{ QPa}$ ;  $b_{22}=25,2 \text{ QPa}$ ;  $b_{66}=3,5 \text{ QPa}$ ;  $b_{12}=2,77 \text{ QPa}$ ;  $\psi = \psi_1 0,05$  is taken.



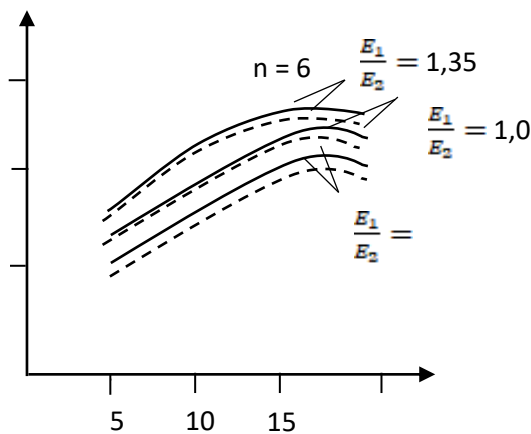


**Figure 2.** Dependence of frequencies on wave number  $n$



**Figure 3.** Dependence of frequencies on viscosity parameter  $\psi$

Figure 2 shows as the wave number  $n$  increases in the circular direction, the true frequencies of the structure decrease and take a minimum value and increase again. In this way,  $\psi = \psi_* = 0$  corresponds to solid lines, and  $\psi = \psi_* = 0,05$  to broken lines.



**Figure 4.** Dependence of frequencies on the number of rings  $k_2$

As shown in Figure 3, an increase in the viscosity parameter leads to a decrease in the frequencies corresponding to the characteristic oscillations of the structure. Figure 4 demonstrates that an increase in the number of rings initially causes an increase in the frequencies corresponding to specific oscillations of the structure, but after a certain increase in the number of transverse ribs, the frequencies begin to decrease. This occurs because the mass of the transverse ribs increases, which strengthens the effect of inertia on the oscillation process. The broken lines in Figures 3 and 4 represent the oscillations of the cylindrical shell attenuated by the hole, while the solid lines represent the oscillations of the intact cylindrical shell. It is evident from the figures that the oscillation frequencies of the hole-attenuated cylindrical shell are lower than those of the intact cylindrical shell. It is worth noting that the holes can be in other shapes, such as circles, and the solution method for these cases is similar to that for rectangular holes, with the only difference being that the domain  $S_i$  is circular. Additionally, multiple holes can be opened on the surface of the cylindrical shell without introducing any fundamental difficulty in solving the problem. The only change is that the number of integration areas  $S_i$  increases.

### References

1. Латифов Ф.С., Нематли А.И. Колебания вязкоупругой продольно подкрепленной цилиндрической оболочки с протекающей жидкостью. Минск: Актуальные вопросы машиноведения. Объединенный институт машиностроения. НАН Белоруси., в. 3, 172-174с. 2014
2. Амиро И.Я. Заруцкий В.А., Поляков П.С. Ребристые цилиндрические оболочки Киев: Наук. думка, 248с. 1973
3. Латифов Ф.С., Садыков П.М. Асимптотический анализ задачи о свободных неосесимметричных колебаниях ортотропной цилиндрической оболочки со сплошным заполнителем в бесконечной идеальной сжимаемой жидкости. Материалы научной конференции по механике и математике, посвященной юбилею профессора К.А.Керимова, 134-139с. Баку, 2-4 июня 1993
4. Колебания продольно подкрепленной неоднородной ортотропной цилиндрической оболочки, жестко контактирующей с твердой средой/ Международный украинско-азербайджанский конференции, Building innovation, 131-137с. 2019

### References

1. Latifov F.S., Nematli A.I. Kolebaniya vyazkouprugoj prodol'no podkreplenoj cilindricheskoj obolochki s protekayushchej zhidkost'yu. Minsk: Aktual'nye voprosy mashinovedeniya. Ob"edinennyj institut mashinostroeniya. NAN Belorusi., v. 3, 172-174с. 2014
2. Amiro I.YA. Zaruckij V.A., Polyakov P.S. Rebristye cilindricheskie obolochki Kiev: Nauk. dumka, 248s. 1973
3. Latifov F.S., Sadykov P.M. Asimptoticheskij analiz zadachi o svobodnyh neosesimmetrichnyh kolebaniyah ortotropnoj cilindricheskoj obolochki so sploshnym zapolnitelem v beskonechnoj ideal'noj szhimaemoj zhidkosti. Materialy nauchnoj konferencii po mekhanike i matematike, posvyashchennoj yubileyu professora K.A.Kerimova, 134-139с. Baku, 2-4 iyunya 1993
4. Kolebaniya prodol'no podkreplenoj neodnorodnoj ortotropnoj cilindricheskoj obolochki, zhestko kontaktiruyushchej s tverdoj sredoj/ Mezhdunarodnyj ukrainsko-azerbajdzhanskij konferencii, Building innovation, 131-137с. 2019

*Məqaləyə istinad: Lətifov F.S., Mərdanov İ.C., Sadıxov P.M. Özlü-elastik torpaq və maye ilə təmasda halqa ilə gücləndirilmiş, kəsiklə zədələnmiş silindrik qabığın sərbəst axını. Elmi Əsərlər jurnalı/ Scientific works. AzMİU, s. 197-202, N2, 2023*

*For citation: Latifov F.S., Mardanov I.J., Sadikov P.M. Free oscillations of a ring-reinforced, shear-damaged cylindrical shell in contact with viscoelastic soil and fluid. Elmi Əsərlər jurnalı/ Scientific works. AzUAC, p. 197-202, N2, 2023*

***Məqalə INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES (AERS2023) adlı konfrans materialıdır.***

### ELASTIC-PLASTIC BENDING OF A RECTANGULAR BEAM

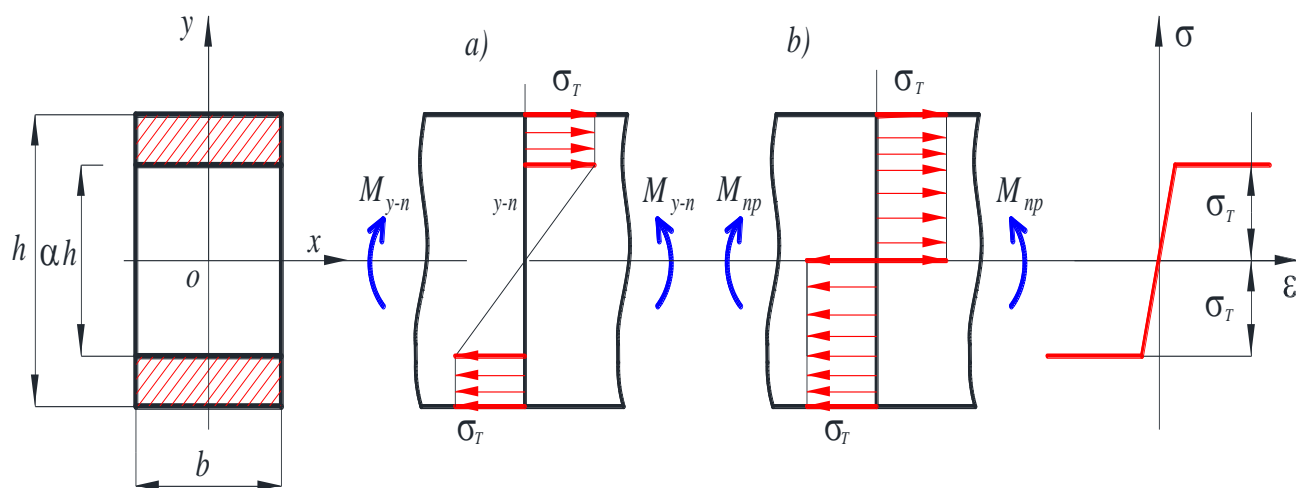
**Sazairov Amir Khan Bahsat**- PhD. in phy. and math.sc., ass.prof., department of Mechanics, sazairov\_emirxan@mail.ru

**Annotations.** The article under review examines the stress-strain state of a rectangular beam, referred to a support with hinges at both ends, in flat bending under elastoplastic deformations. As a result, a differential equation for the bent axis of the beam was obtained and solved.

**Keywords:** elastic-plastic deformation, elastic bending, yield strength

With increasing load, the bending moment in the cross section of the beam reaches the value  $M_T = \sigma_T W_x$  ( $\sigma_T$  – is the yield strength of the material,  $W_x$  – is the axial section modulus), at the most distant points of the section from the neutral axis, the material passes into a plastic state, in accordance with the Prandtl diagram (Fig. 1). Strain begins to increase at constant stress.

With a further increase in the load, plastic deformation gradually occupies an increasing part of the cross section. The diagram of normal stresses divides the section into three zones: in the central elastic core, the stresses change linearly along the ordinate axis, and in the two extreme plastic zones remain constant and equal to  $\pm\sigma_T$ .



**Figure 1.** Prandtl diagram [4]

Denote the thickness of the elastic core by  $\alpha h$ , depending on the value of the coefficient  $\alpha$ , we will distinguish three types of bending:

a)  $\alpha = 1$  – elastic bend:

$$M_{y-n} = \sigma W_x, \quad M_{y-n} = M_T = \sigma_T W_x, \quad W_x = \frac{bh^2}{6}$$

b)  $\alpha = 0$  – plastic bending:  $M_{np} = \sigma_T W_{np}, \quad W_{np} = \frac{bh^2}{4}$

this state in which the stresses at all points of the section are equal to the yield strength, is called a plastic hinge, unlike a conventional hinge, it is a constant value equal to the limiting moment  $M_{np}$  which corresponds to the complete exhaustion of the bearing capacity of a given section.

c)  $0 < \alpha < 1$  - elastoplastic

Let us determine the bending moment during elastic-plastic bending, for which we will use the stress diagram from Fig. 1,

$$M_{y-\pi} = 2 \left[ b\sigma_{\tau}(1 - \alpha) \frac{h}{2} \cdot \frac{1}{2}(1 + \alpha) \frac{h}{2} + \frac{1}{2} b\sigma_{\tau}\alpha \frac{h}{2} \cdot \frac{2}{3} \alpha \frac{h}{2} \right] = M_{np} \left( 1 - \frac{\alpha^2}{3} \right) \quad (1)$$

**Find the bent axis of the beam and consider an example.** Let two identical, oppositely directed moments be applied to the end sections of a hinged beam (Fig. 2.). In the cross section, normal stresses are distributed according to the following law:

$$\sigma = \begin{cases} E\varepsilon & |y| \leq \frac{\alpha h}{2} \\ \sigma_{\tau} & |y| \geq \frac{\alpha h}{2} \end{cases}$$

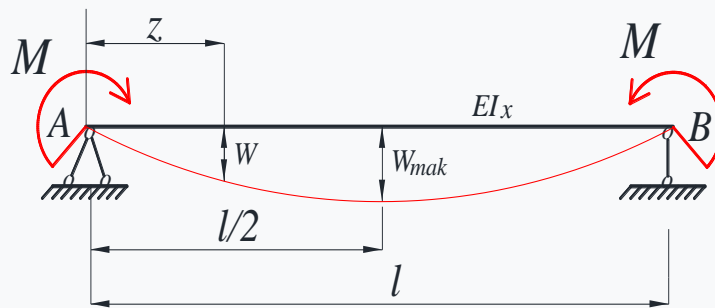


Figure 2. Oppositely directed moments [4]

According to the hypothesis of flat sections, the deformation at the point of the section with the ordinate y,

$$\varepsilon = \frac{y}{\rho} \text{ — here } \rho \text{ is the radius of curvature of the curved axis of the beam.}$$

Bending moment in section:

$$M = \int_A \sigma y dA = 2 \int_{\frac{\alpha h}{2}}^{\frac{h}{2}} \sigma_{\tau} y dA + \int_{-\frac{\alpha h}{2}}^{\frac{\alpha h}{2}} E \frac{y}{\rho} y dA = 2\sigma_{\tau} \int_{\frac{\alpha h}{2}}^{\frac{h}{2}} y dA + \frac{E}{\rho} \int_{-\frac{\alpha h}{2}}^{\frac{\alpha h}{2}} y^2 dA = 2\sigma_{\tau} S_x^{n\pi} + \frac{E}{\rho} I_x^{ynp} \quad (2)$$

Included in this expression  $S_x^{n\pi}$  — is the static moment of the upper (or lower) plastic zone, and  $I_x^{ynp}$  — control is the moment of inertia of the elastic core relative to the neutral axis

$$S_x^{n\pi} = \int_{\frac{\alpha h}{2}}^{\frac{h}{2}} b y dy = \frac{by^2}{2} \Big|_{\frac{\alpha h}{2}}^{\frac{h}{2}} = \frac{bh^2}{8} (1 - \alpha^2); \quad I_x^{ynp} = \frac{b(\alpha h)^3}{12} = \alpha^3 I_x \quad (3)$$

From equation (2) we find the curvature of the curved axis:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI_x^{ynp}} = \frac{2S_x^{n\pi}\sigma_{\tau}}{EI_x^{ynp}} = \frac{M_{np} \left( 1 - \frac{\alpha^2}{3} - 1 + \alpha^2 \right)}{\alpha^3 EI_x} = \frac{2}{3} \frac{M_{np}}{\alpha EI_x} = \frac{2\sigma_{\tau}}{\alpha E h}$$

This formula can be used to determine the stress in an elastic core:

$$\sigma = \frac{E}{\rho} \cdot y = \frac{2\sigma_{\tau}}{\alpha h} \cdot y$$

and in the plastic zone it is constant:  $\sigma = \sigma_{\tau}$ .

Assuming that the displacements are small even under plastic deformations, we write the approximate differential equation of the curved axis:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{d^2 W}{dz^2} = \frac{2\sigma_T}{\alpha E h} \quad (4)$$

Separating the variables of the differential equation and integrating twice, we obtain the following equations for the angle of rotation  $v$  and deflection  $W$ :

$$v = \frac{dW}{dz} = \frac{2\sigma_T}{\alpha E h} \cdot z + C_1$$

$$W = \frac{\sigma_T}{\alpha E h} \cdot z^2 + C_1 \cdot z + C_2$$

The constants of integration are found from the boundary conditions: For  $z = 0$  and  $z = l$   
 $\rightarrow W = 0$

Substituting the found constants  $C_1 = -\frac{\sigma_T}{\alpha E h} \cdot l$  and  $C_2 = 0$ , we finally obtain the equations for the angle of rotation and deflection:

$$v = \frac{\sigma_T}{\alpha E h} (2z - l); \quad W = \frac{\sigma_T}{\alpha E h} (z^2 - lz)$$

Maximum deflection (in the middle of the beam,  $z = \frac{l}{2}$ ):

$$W = -\frac{1}{4} \frac{\sigma_T}{\alpha E h} \cdot l^2$$

If the beam is in an elastic state (when  $\alpha = 1$ ),

$$W = -\frac{1}{8} \frac{M l^2}{E I_x} = -\frac{1}{4} \frac{\sigma_T}{E h} \cdot l^2$$

and if in the plastic one ( $\alpha = 0$ ), then  $W \rightarrow \infty$ , which means that the deflection increases indefinitely.

## References

1. Aleksandrovich A.I. Ploskaya neodnorodnaya zadacha teorii uprugosti. Vesti. Mosk, matem.,mekh., №1, 1973
2. Kolchin G.B Raschèt elementov konstrukcij iz uprugih neodnorodnyh materialov. Kishinèv 1971
3. Lekhnickij S.G. Zadacha Sen-Venana dlya nepreryvno neodnorodnogo anizotropnogo brusa. Sb. Mekhanika slloshnoj sredy i rodstvennye problemy analiza. Nauka , 576s. 1972
4. Lomakin V. A. Teoriya uprugosti neodnorodnyh tel, Izd-vo Mosk, 368s. 1976
5. Lomakin V. A., Shejnin V.I. O primenimosti metoda malogo parametra dlya ocenki napryazhenij v neodnorodnyh uprugih sredah. Mekhanika tvèrdogo tela, №3, 1972
6. Plevako V.P. K teorii uprugosti neodnorodnyh sred. Prikladnaya matematika i mekhanika, 1971
7. Plotnikov M.M. O napryazheniyah v odnoj zadache neodnorodno-anizotropnogo cilindra. Izv. vuzov. Mashinostroenie, №8, 1967

*Məqaləyə istinad: Sazairov A.B. Düzbucaqlı bir şüanın elastik-plastik əyilməsi. Elmi Əsərlər jurnalı/ Scientific works. AzMİU, s. 203-205, N2, 2023*

*For citation: Sazairov A.B Elastic-plastic bending of a rectangular beam. Elmi Əsərlər jurnalı/ Scientific works. AzUAC, p. 203-205, N2, 2023*

***Məqalə INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES (AERS2023) adlı konfrans materialıdır.***

## EARTHQUAKE RESISTANT COAST GUARD AND FLOOD PROTECTION FACILITY

**Gudratzada Shafag Vagif**- assistant, department of Geomatics, AzUAC,  
shfeq.qudretzade@azmiu.edu.az

**Abstract.** The article is devoted to the design features, principles of operation and identification of shortcomings of well-known coastal protection structures designed to protect river banks from erosion and erosion, as well as from floods and floods, as well as the development of their earthquake-resistant design. It has been established that the known embankment structures have a number of disadvantages, and their ability to withstand earthquakes and floods is very low. In order to increase the efficiency of coast guard facilities and expand their functionality, a new coast guard complex was developed, different from its predecessors, and its design, operating principle and protective ability were explained. The proposed coastal protection device consists of bottom thresholds with a practical profile, a guide wall, a protective guide head, a reinforced concrete coating, a shock-absorbing intermediate layer, a sand-gravel preparatory layer, a heel and large river stones laid on the heel part. The device has the ability to work as a coast guard device, embankment protection and flood protection.

**Keywords:** coastal protection device, earthquake, flood, protection, design, principle of operation, functionality

**Introduction.** In rivers, mountain rivers with high flow rates, as well as a result of natural and anthropogenic impacts on the riverbed and slopes in their bends, bends and narrow sections, complications such as erosion of banks and channels, cliffs and flooding and destruction of adjacent territories, settlements, communication lines and other objects arise. At the same time, the collapse, erosion and erosion of slopes and riverbeds lead to premature filling and failure of reservoirs built on them, regulating and other hydraulic structures that bring silt and bottom. It reveals the need for the use and construction of coastal, coastal protection and flood control structures to eliminate these complications.

**2. The object of the study** is coastal protection and flood protection structures used on rivers.

**3. Research methodology.** Data were collected on hydraulic structures and drainage processes for the development of a coastal protection structure, the principles of construction and operation of similar structures were studied, their advantages and disadvantages were identified with the involvement of scientific analysis.

**4. Analysis and discussions.** In case of floods, floods and earthquakes, flushing of the river bank and bottom leads to an increase in the intake and weighing of particles, and ultimately to the filling of the reservoir located in the lower parts of the river with sediments and premature failure of structures at the waterworks.

On the other hand, the erosion of the banks of the river leads to a change in its natural flow, causing floods and floods during high water. For example, frequent floods and floods of rivers flowing in the Sheki-Zagatala zone of Azerbaijan have led to damage and destruction of settlements, communication lines, industrial facilities and other structures and structures, causing enormous damage to the economy and population of the country.

Therefore, it is important to strengthen the bottom and banks of rivers, especially mountainous and prone to floods, and to prevent erosion processes.

The analysis of literary sources shows that there are two ways to deal with the collapse, leaching and erosion of the banks and river bottoms (Волков 19681, Гришин 1955).

1. Reduction of the flow flushing speed and power due to displacement of the flow hose from the flushing zone;

2. Increase of stability and resistance to flow in the flushing zone.

The first method, i.e. removal of the drain (its mass) from the flushing zone, it is carried out with the help of longitudinal and transverse devices in the bend of the river (in this area, the river leaves the channel both during high water and during high water).

The second method, namely, increasing the stability and resistance of the channel in the arrival and flushing zone, is carried out with the help of protective jackets of the flushing zone and shore protection devices (Алперин 1973, Смирнова 2002).

In the first method, longitudinal structures include guide dams, reinforced concrete walls, special steel plates and spurs (Гришин 1962, Гришин 1979). At the entrance to the flushing zone, one end of the dam or the guide wall (this is called the channel) is put on 3-10 m on the river bank, and the other end (this is called the channel) freely goes into the river. A partition is installed in the remaining space between the dam or the guide wall and the river. The dam is made in a curved form in plan. The flow, changing its direction, leaves the flushing zone. At this time, a rotational movement of water (vortex) in the direction of the current occurs between the dam and the shore. Due to the change in the direction of the vortex and whirlpool, the water flow rate decreases. The washing of the shore disappears, and in the interval between the dam and the shore, the arches collapse. The partition connecting the shore and the dam increases the stability of this dam (or wall), and also accelerates the collapse of the drains. Depending on the characteristics and conditions of the rivers, guide embankments (shields) are used as longitudinal structures. Seedlings can be submerged to the bottom-stationary and floating above water-temporary and permanent.

The transversely located structures include hemispheres (semi-dams) and spurs. Labels or spurs are placed in the flushing area perpendicular to the flow axis or at a certain angle. Their root (one end) is put on the shore, and the other end remains in the river.

This is how hemispheres work. The stream shrinks due to semi-deserts and moves away from the shore. He approaches the shore again, and a whirlpool appears between the hemispheres. At this time, the energy of the flow is turned off, and the conclusions collapse between the hemispheres. Thus, the flushing of the shore disappears. To increase the distance between the hemispheres, they are placed in a direction inclined to the axis of the flow. The slope ranges from 5-15° per angle.

On some banks of rivers that have a fast current or interfere with their flow, along with the spread of the banks, their bottom is washed away. To prevent flushing, not too high lower thresholds are used. Bottom rapids divert runoff from the bottom of the river and reduce its speed. A vortex forms between the thresholds in the direction of the horizontal axis, and part of their bottom sediments settles in the zone between the thresholds. This eliminates the flushing of the river bottom. These devices are destroyed faster during earthquakes. Therefore, their seismic resistance should be increased.

One of the rivers whose bottom and banks are eroded and deformed is the Tarter River (Quliyev 2015). As a result of interventions in the riverbed in the village of Zyumurkhan of the Bardansky district, its natural stability has been completely lost. The same case was recorded in different areas of the Tartar River. Therefore, design and construction work was carried out to restore the stability of the river.

The mentioned, that is, the first method and the structures necessary for its implementation partially protect the bottom and the river bank. But these structures are considered more effective in regulating the flow processes in the river. However, the mentioned structures are dangerous for fleeting floods and do not give the expected effect on rivers with sharp turns, the consumption and level of which often fluctuate. Therefore, the second method is used, that is, ways to increase the stability and resistance of the riverbed in the flushing zone, and devices (structures) that perform them.

One of the simplest constructions when attaching a ramp is planting grass, grass and woody vegetation on the slope, combining fascine on the slope, shah-shavalin and stone with fascine (a set of branches or twigs) (Гришин 1955, Гришин 1979). This design is an outdated design and when they are used, it becomes impossible to mechanize the work.

One of the designs of the pitched fastening is the laying of stones consisting of one or two layers on the banks of rivers prone to landslides and leaching. This structure cannot withstand high water speeds, the effects of flood waves and quickly fails. To make up for this shortcoming, large-sized stones are poured onto the ground on the bottom and slope of the river and give it a slope. If there are not enough large stones, gravel-gravel material is poured onto the bottom and slope of the river and stone prisms are created on it. Such structures cannot withstand specific, high-speed mudstone flows and are destroyed during flood flows. When fixing river slopes, gabion mattresses and gabion braid are also used. In these constructions, gabion mattresses are laid directly on the bottom and slopes of the river. The gabion braid is sewn in a combined way. The bottom of the river is lined with gabion mattresses, and rectangular gabions are braided on top. In the remaining space (area) between the gabion spit and the slope, either soil is poured or gradually filled with river bottoms. Practice shows that this gabion fastener is also resistant to floods and landslides.

The river slopes are also bonded with asphalt concrete lining. An asphalt concrete layer 5-10 cm thick is laid in the slope leaching zone. Asphalt concrete coatings are made of two types. In factory conditions, pallets (plates) with an area of up to 15 m<sup>2</sup> are made and brought to the construction site by laying them with a crane in the right place. Asphalt concrete coating is made directly on the stand at the construction site. An asphalt concrete mat (covering) with an area of 50 m<sup>2</sup> is wound on a drum and placed on the shore by a crane. The tip of the coating at the water level is attached to the ground using anchor piles. The end, which remains under water, is weighted with a concrete beam. This design is considered cost-effective. However, this type of construction does not withstand the destructive effects of flooding. Such a fastening design can be used on rivers whose speed is relatively low.

A structure with a perforated reinforced concrete frame is considered to be a more effective structure in terms of strength and durability. This structure consists of reinforced concrete piles with a diameter of 150 mm and precast reinforced concrete perforated panels. Piles are driven at certain distances from each other, and perforated panels are placed between them from head to toe. Piles are used as supports to hold panels. This design is quite expensive to manufacture and build.

One of the fastening structures that can be erected at the bottom and above the water is a structure made of reinforced concrete supports and filled with stone inside. This design with holes from head to toe is characterized by mobility and durability. But it occupies most of the river. Ultimately, this leads to a decrease in the width of the river and an increase in the speed of the river flow. The latter leads to the erosion of the river bottom and leads to flooding of the floodplain.

Among the mentioned fastening structures, reinforced concrete coatings (monolithic or prefabricated) and elastic reinforced concrete gratings are considered the most reliable and durable. Reinforced concrete coatings are laid on top of the sand-gravel preparatory layer. They are manufactured in various designs, such as pallets, reinforced concrete chains, beams, grilles, etc.

In recent years, a number of coastal protection structures have been developed to strengthen the banks of rivers (Габиров 2012, Габиров 1991). Employees of the Azerbaijan Research Institute of Land Reclamation В.М.Аkhmedov, I.A. Agayev, A.M. Muslimov have developed very original shore-protection or shore-protection devices and obtained patents of the Republic of Azerbaijan for these devices (Əhmədov 2007).

One of the coastal protective structures consists of concrete pallets, a tongue-and-groove tooth, a heel part and piles surrounded by a grid and filled with river stones inside (Əhmədov 2008). All the elements are firmly interconnected. To resist the eroding and destructive effect of flooding, both piles and a stone tongue-and-groove were used.

The second coastal protection structure is designed to strengthen and protect the banks of rivers from the destructive effects of flood and flood waters. The cup holder consists of concrete pallets, supporting parts of pallets and processed large-diameter car tires mounted on supports, two rows of processed small-diameter car tires firmly connected to each other and filled from the inside with river stones, as well as the heel part (Əhmədov 2007).



The study and analysis of the principle of operation, design features and conditions of use of known coastal protection structures and structures allows us to conclude that known structures and structures have a number of disadvantages.

1. The fields of application of known structures and structures are limited, and most of them cannot be used on mountain rivers.

2. They have poor resistance to earthquakes, floods and flood flows. For example, a significant part of the coastal, coastal protection and coastal protection structures built in the Sheki-Zagatala region of Azerbaijan could not withstand small earthquakes, floods and flood flows, and their individual sections collapsed and failed.

3. Well-known shore protection, shore protection and shore protection structures and structures do not participate in the regulation of the current and have a passive effect.

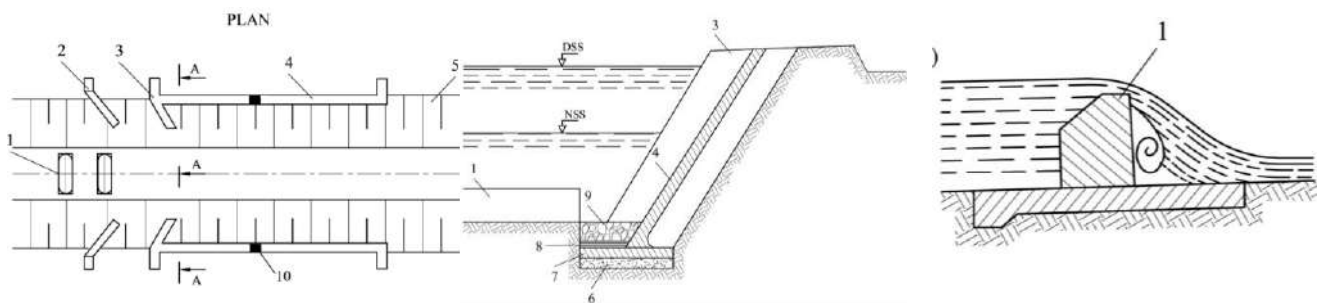
4. Known structures and structures have little or no effect on changing the internal structure of flood and flood flows flowing in rivers, reducing their speed and impact force, as well as on the flow processes.

5. The overall dimensions of most of the known structures were quite large, narrowing the riverbed in the areas where they were built, causing compression of the stream and an increase in its speed. This also leads to the flushing of the river bottom. At the same time, the narrowing of the river creates a real basis for the occurrence of floods, preventing the release of flood waters.

The above-mentioned emphasizes the need to create a more reliable, durable, efficient and suitable for use on rivers with different characteristics of coastal protective structures. With this in mind, a coastal protection device was developed, which differs from its predecessors in design and principle of operation.

#### 4.1 The new Coast Guard.

The proposed installation consists of a bottom threshold, a guide wall, a protective guide head, a reinforced concrete lining, a sand-gravel preparatory layer, a heel part and river stones laid on the heel part (Fig.1).



**Figure 1.** Coast Guard and flood protection: a-cross section of the bottom threshold; 1-bottom threshold; 2-guide wall (spur); 3-protective guide head; 4-reinforced concrete lining; 5-river bank; 6-sand-gravel preparatory layer; 7-heel part; 8-clay layer; 9-river stones; 10-shock-absorbing intermediate layer; DSS-flood water level; NSS-normal water level.

At the entrance to the coastal protection structure - two bottom thresholds are placed at the bottom of the river to turn off the speed and energy of the flood current and retain part of the bottom runoff. On the left and right sides of the central part of the bottom thresholds, submerged guide walls (spurs) are built on the slope in order to direct the flow direction to the center of the river and partially eliminate the erosion of the banks, as well as to muffle the kinetic energy of the flow in the channel. The guide walls are also designed for the subsidence of part of the supply material between the protective guide head. The entrance part of the reinforced concrete lining at the beginning (in front) of the section of the river subjected to overflowing and flushing is dressed on the one hand to the shore, and on the other-at a certain angle to the central axis of the river to direct the flow to the center of the river, damping the energy of the flood flow, protection from the destructive effects of

the supply products of the protective lining and prevention of seepage, which in case of an earthquake, it penetrates into the back side of the cladding and weakens the stability of the structure in the form of a protruding protective guide head. In order to increase the stability of the device, prevent it from washing and flying, deforming and slipping, the heel of the visor is made in the form of a retaining wall seat. The height of the protective guide head (Wall) is assumed to be 0.5-0.1 m higher than the difference between the flood water level (DSS) and the normal water level (NSS). This height can direct both floods and normal flows. To prevent the displacement of the lining during an earthquake, shock-absorbing intermediate layers are placed between the brackets of reinforced concrete linings.

To prevent leaching and seepage of the lower and heel parts of the unit, a layer of clay and river pebbles is laid on top of the heel (seat).

This is how the proposed stand works.

Flood and flood streams bring with them a large amount of materials (mud, stones, sand, gravel, pieces of rocks, tree stumps and branches, etc.), which enters the zone of constant flushing and flooding of the river at high speed. At this time, bottom thresholds and submerged guide walls located in front of the coastal protection structure resist the current, partially extinguishing its speed and kinetic energy. A certain part of the terminals settles in front of the lower threshold and between the guide wall and the protective guide hood. Due to the protective and guiding pressure, the velocity of the weakened flow decreases somewhat, and the flow rod together with the terminals moves along the central part of the installation, deviating from the shore. The contact of the protective lining with the flow terminals is greatly weakened, and its friction and impact on the terminals disappear. This ensures the protection of the cladding.

Practice shows that all coastal protection structures and structures fail prematurely due to erosion and wear of their bottom, mainly the construction part. But as a result of changes in the flow rate, power and structure in the proposed installation and due to river stones laid on top of the heel part, the process of washing the bottom and the construction part of the installation does not occur.

In case of an earthquake, a layer of clay laid at the base of the protective lining and shock-absorbing intermediate layers placed between the facing brackets soften the earthquake transmitted to the object and prevent it from collapsing.

The proposed coastal protection structure works according to the principle described above, even during the absence of floods, floods and landslides on the river, while the threat of collapse, erosion, erosion and deformation of the banks is completely eliminated. At the same time, since the combined installation regulates the flow structure, the probability of flooding does not arise, thereby eliminating the threat of flooding of settlements, agricultural land, construction and industrial facilities, communication lines and other facilities.

**Conclusions.** In contrast to the well-known structures and structures, the coastal protection structure can be used both in areas of increased seismicity and in rivers with inclined slopes, as well as in channels of rigid and rectangular shape. The structure can be built on both sides of the river-on the right and left banks, as well as on the river bank, which is more prone to spills and washouts. The proposed installation is able to work more efficiently on sharp turns of the river.

## References

1. Ahmadov B.M., Agayev I.H., Muslumov A.M. Sahilqoruyucu qurghu. Ixtira №2008 0181. Azərbaycan Respublikası
2. Ahmadov B.M., Agayev I.H., Mulumov A.M. Sahilkberkidici qurghu. Ixtira №2007 0106. Azərbaycan Respublikası
3. Quliyev S.S. Tertercayın tabii dayanıqlığını itirmiş çay mecrasında sahilbarkidici ve macra nizamlayıcı qurguların layihə parametrlərinin təyini. AzH və M EİB-nin elmi əsərlər toplusu Bakı: Elm, XXXIV, 248-259s. 2015
4. Volkov M.M., Kononenko L.F., Fedichkin I.K. Gidrotekhnicheskie sooruzheniya. Moskva:Kolos, 464s. 1968

5. Alperin I.E., Bykov L.S., Gurevich V.B. Ukreplenie beregov sudohodnyh kanalov rek i vodohranilishch. -Moskva: Transport, 216s. 1973
6. Gabibov F.G., Turkiya A.V. Novaya konstrukciya beregoukrepite'l'nogo sooruzheniya. Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo. Moskva: № 4, 9s. 1991
7. Gabibov F.G. Mamedov F.Sh., Mahmudova K.S. Izobreteniye № 2012 0057. Azerbajdzhanskaya Respublika
8. Grishin M.M. Gidrotekhnicheskije sooruzheniya. Chast'. II. Moskva:Gosstrojizdat, 448s. 1955
9. Grishin M.M. Gidrotekhnicheskije sooruzheniya. Moskva: Gosstrojizdat, 762s. 1962
10. Grishin M.M. Gidrotekhnicheskije sooruzheniya. CHast'. II. Moskva:Gosstrojizdat, 762s. 1979
11. Smirnova T.G., Pravdivec Yu.P., Smirnov G.N. Beregozashchitnye sooruzheniya. Moskva:Izdatel'stvo ASV, 2002, 303s

*Məqaləyə istinad: Qüdrətzadə Ş.V. Zəlzələyə davamlı sahil mühafizəsi və daşqından qorunma üsulu. Elmi Əsərlər jurnalı / Scientific works. AzMİU, s. 206-211, N2, 2023*

*For citation: Gudratzada S.V. Earthquake resistant coast guard and flood protection facility. Elmi Əsərlər jurnalı/ Scientific works. AzUAC, p. 206-211, N2, 2023*

***Məqalə INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES (AERS2023) adlı konfrans materialıdır.***

<http://doi.org/1058225/sw.2023.2-212-222>

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

**Джабраилова Гульнара Ханлар** - т.е.п., доцент, кафедра Эксплуатации и реконструкции зданий и сооружений, АЗАСУ, [gulnara.djebraилова@gmail.com](mailto:gulnara.djebraилова@gmail.com)

**Аннотация.** В работе рассматривается определение сейсмической нагрузки на основании нелинейной деформационной модели изгибаемых железобетонных элементов. Цель работы заключается в том, что в практических расчетах при определении жесткостей изгибаемых и других элементов железобетонных сооружений ввести реальные характеристики бетона и арматуры и исследовать влияние этих деформационных характеристик на сейсмостойкость железобетонных элементов. В зависимости от жесткости элементов сооружений использован динамический метод сейсмостойкости конструкций. Новизна работы заключается в том, что при определении жесткости изгибаемых железобетонных элементов используется нелинейная деформационная модель механики твердых тел. Приводятся численные примеры. На основании результатов численных примеров сделан вывод об значительном увеличении сейсмической нагрузки при учете ползучести и длительной прочности бетона.

**Ключевые слова:** Жесткость, железобетонный элемент, нелинейная деформационная модель, сейсмостойкость, сейсмический импульс, динамический метод

## THEORETICAL FOUNDATIONS FOR THE STUDY OF SEISMIC RESISTANCE OF BENT REINFORCED CONCRETE ELEMENTS

**Jabrayilova Gulnara Khanlar**-PhD in tech.sc., ass.prof., department of Operation and reconstruction of buildings and facilities, AZUAC, [gulnara.djebraилова@gmail.com](mailto:gulnara.djebraилова@gmail.com)

**Abstract.** This paper will focus on finding the seismic load based on a nonlinear deformation model of the bent reinforced concrete elements. The aim of this paper is to introduce the real characteristics of concrete and armature in practical calculations of finding the rigidity of bending elements and other elements of reinforced concrete structures and to study the effect of these deformational characteristics on the seismic resistance of reinforced concrete elements. The method of seismic resistance of the construction is chosen based on the rigidity of the elements of the construction. The novelty of this research work lies in the fact that a nonlinear deformational model of solid mechanics is used in order to find the rigidity of bent reinforced concrete elements. This paper provides numerical examples. The conclusion about a significant increase in seismic load was made based on the results of numerical examples, that are considering creep of concrete and long-term strength of concrete.

**Keywords:** Rigidity, reinforced concrete element, nonlinear deformational model, seismic resistance, seismic impulse, dynamic method

Во время землетрясений происходят беспорядочные смещения и колебания поверхности земной коры, которые в общем случае можно разложить на горизонтальные и вертикальные. Эти смещения и колебания передаются непосредственно фундаменту сооружения, а через него и самому сооружению, вызывая в нем добавочные нагрузки инерционные силы, которые необходимо учитывать при расчетах элементов сооружений.

Инерционные силы сооружения зависят как от смещений и колебаний фундамента, так и от смещений сооружения и его элементов и жесткости этих элементов.

Надо отметить, что при определении жесткости железобетонных элементов до сих пор не учитывались деформационные характеристики бетона и арматуры.

Цель настоящей работы заключается в том, что в практических расчетах при определении жесткостей изгибаемых и других элементов ввести реальные характеристики бетона и арматуры и исследовать влияние этих реальных деформационных характеристик на сейсмостойкость железобетонных элементов. В зависимости от жесткостей элементов сооружения имеется два метода расчета- статический и динамический.

Новизна работы заключается в том, что при определении изгибных жесткостей железобетонных элементов используется нелинейная деформационная модель механики твердых деформируемых тел, что приводит к применению динамического метода сейсмостойкости.

Как известно, при длительном действии нагрузки в бетоне происходит ползучесть и результате уменьшение прочности бетона. В результате неупругих деформаций и уменьшение прочности бетона, а также упрочнение прочности арматуры после предела текучести значительно влияют на сейсмостойкость железобетонных элементов. Учет этих характеристик, а также исследование влияния реальных деформационных параметров на сейсмостойкость сооружений имеет важное практическое значение.

В литературе может быть имеются немногочисленные работы, которые были посвящены этой проблеме. Поэтому, на наш взгляд эта проблема решается впервые.

Ввиду того, что в работе расчет сооружений ведется в основном при кинематических возмущениях их фундаментов.

В упрощенной постановке задача сводится к расчету изгибаемой балки с распределенной массой.

Перемещение массы складывается из перемещения от смещения фундамента и перемещения вследствие изгиба балки.

$$W = w + w_B$$

Сейсмическая реакция – силы инерции определяется следующим образом:

$$I = -M(\ddot{w} + \ddot{w}_B) - \beta M(\dot{w}_B + \dot{w})$$

Сейсмическая нагрузка действующая на железобетонный изгибающийся элемент определяется по формуле:

$$S(x, t) = -M \ddot{w} - \beta M \dot{w}_B = -\frac{q}{g}(\ddot{w}_B + \beta \dot{w})$$

Поскольку инерционная сила  $-M \ddot{w}$  – по существу величина заданная, то она может быть переведена в категорию известных действующих сил. Это обстоятельство позволяет расчет на вынужденные смещения заменить расчетом на заданные силы  $(-M \ddot{w}_B)$  при начальных условиях движения распределенной массы.

Силы сопротивления зависят от многих факторов и определения их в аналитической форме связаны с трудностями.

$$P(x, t) = -M\beta M \dot{w}_t$$

здесь  $\beta$  - коэффициент внутреннего трения,  $\frac{1}{сек}$

Таким образом, во время землетрясения на железобетонный элемент действуют следующие силы:

-Заданная активная нагрузка  $q_x$ ;

- Силы инерции  $-M \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}$  ;

-Сила сопротивления движения балки

$$P(x, t) = -M\beta \frac{\partial \dot{w}}{\partial t}$$

Внешняя нагрузка будет равна:

$$S(x, t) = q_x - M \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} - \beta M \frac{\partial \dot{w}}{\partial t}$$

В каркасных зданиях схемах опирания изгибаемых железобетонных элементов разнообразна. Дифференциальное уравнение изгибаемых железобетонных элементов имеет следующий вид:

$$Dw^{IV} = -S(x, t) \text{ или же } Dw^{IV} + M \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + P(x, t) = -q(x, t)$$

Здесь  $D$  – жесткость изгибаемых железобетонных элементов и определяется на основании нелинейной деформационной модели механики твердых деформируемых тел.

Надо отметить, что до сих пор при исследовании задача сейсмостойкости изгибаемых железобетонных элементов решалась в упругой стадии работы бетона и не учитывалась работа бетона при длительном действии нагрузки, когда происходит ползучесть и длительная прочность бетона. Задача свободных колебаний изгибаемых железобетонных элементов сводится к решению следующего дифференциального уравнения.

$$D \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + M \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0$$

Решение этого уравнения имеется в многочисленных работах по теории колебаний изгибаемых элементов без учета ползучести бетона.

Принимались решения уравнения свободных колебаний балок в виде:

$$y(x, t) = \sin \omega t \sum_m C_m X_m(x)$$

Здесь  $\omega$  - частота свободных колебаний балок:

$X_m(x)$ - форма свободных колебаний, удовлетворяет условия на краях закрепления балки и приняты в следующем виде:

$$X_m(x) = B_m [\sin \lambda_m x - sh \lambda_m x - \lambda_m (\cos \lambda_m x - ch \lambda_m x)]$$

Здесь

$$\lambda_m = \frac{2m-1}{2H} ; \quad \lambda_m = \frac{\sin \lambda_m H + sh \lambda_m H}{\cos \lambda_m H + ch \lambda_m H}$$

Частоты свободных колебаний изгибаемых железобетонных элементов определяются следующей формулой:

$$\omega_m^2 = \frac{DH}{M} \frac{1}{\int X_m^2(x) dx} \left[ \lambda_m^4 \int X_m^2(x) dx \right]$$

Фундаментальные функции балок даны в [3] и определяется в виде:

$$X_m^{IV}(x) = \lambda_m^4 X_m(x); \quad \int X_m^2(x) dx = \frac{H}{4}$$

Таким образом, частота свободных колебаний определяется по формуле:

$$\Omega_m^2 = D \lambda_m^4$$

Ввиду того, принимается  $\Omega_m^2 = M \omega_m^2$ , тогда

$$\omega_m^2 = \frac{D}{M} \lambda_m^4 = \frac{\pi^4 (2m-1)^4 D}{16H^4 M}$$

В данной работе учитывается диаграмма состояния бетона, имеющая двухлинейную форму, приведена в виде:

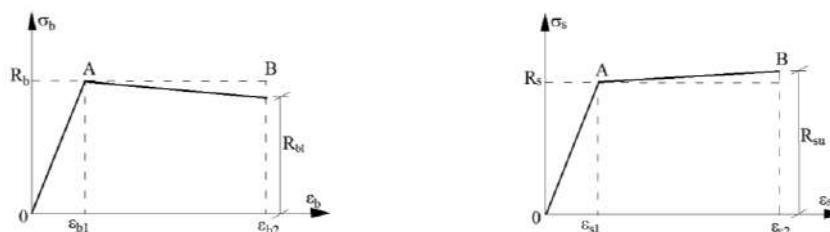


Рис 1. Диаграммы состояния бетона и арматуры

После изучения свободных колебаний балок, рассматривается сейсмостойкость железобетонных элементов. Сейсмическая нагрузка определяется в виде:

$$S(x, t) = My_0''(t)$$

Здесь  $y_0(t)$  – сейсмический импульс.

Функция сейсмического импульса принята в следующих известных формах:

1.  $w_B(t) = a_0 \sin \omega t$  (импульс Завриева)
2.  $w_B(t) = a_0 e^{-\varepsilon_0 t} \sin \omega t$  (импульс Корчинского)
3.  $w_B(t) = a_0 t e^{-\varepsilon_0 t} \sin \omega t$  (импульс Берлаге)
4.  $w_B(t) = a_0 Q(t) e^{-\varepsilon_0 t} \sin \omega t$  (обобщенная форма импульса)

Надо отметить первые две формы сейсмических импульсов не удовлетворяют начальным условиям задачи:

$$\dot{w}_0(0) = 0 \quad \text{и} \quad w_B(0) = 0$$

Уравнение сейсмостойкости изгибаемых элементов принимает следующий вид:

$$Dw^{IV} + M \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = -S(x, t)$$

или же

$$D \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + M \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = M \ddot{w}_B(t)$$

где

$$M \ddot{w}_B(t) = \frac{Q}{Hg} a_0 \omega^2 e^{-\varepsilon_0 t} [p(t) \sin \omega t + \varphi(t) \cos \omega t]$$

Задача решается в общем виде:

Принимая  $w_B(t) = a_0 Q(t) e^{-\varepsilon_0 t} \sin \omega t$

Введя следующие обозначения:

$$K_s = \frac{\omega^2 a_0}{g}; \quad q = \frac{Q}{H}; \quad S(x, t) = K_s q e^{-\varepsilon_0 t} [p(t) \sin \omega t + \varphi(t) \cos \omega t]$$

Здесь полиномы  $p(t)$  и  $\varphi(t)$  в зависимости от выражения обобщенного сейсмического импульса  $w_B(t)$  имеют следующий вид:

$$p(t) = \left(1 - \frac{\varepsilon_0^2}{\omega^2}\right) Q(t) + \frac{2\varepsilon_0}{\omega} \dot{Q}(t) - \frac{\ddot{Q}(t)}{\omega^2}$$

$$\varphi(t) = -\frac{2\varepsilon_0}{\omega} Q(t) - \frac{2}{\omega} \dot{Q}(t)$$

Таким образом, уравнение сейсмостойкости изгибаемых элементов принимает следующий вид:

$$D \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + M \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = K_s q e^{-\varepsilon_0 t} [p(t) \sin \omega t + \varphi(t) \cos \omega t] \quad (1)$$

Решение уравнения (1) сейсмостойкости изгибаемых элементов принимается в виде рядов, разложенных по собственной форме колебаний в виде:

$$w(x, t) = \sum_m T_m(t) X_m(x) \quad (2)$$

Правую часть уравнения сейсмостойкости (1) тоже разлагается по форме свободных колебаний и учитывая эти решения в уравнении сейсмостойкости изгибаемых элементов, получим:

$$\ddot{T}_m(t) + \omega_m^2 T_m(t) = \frac{1}{M} q_m(t) \quad (3)$$

Решение этого уравнения принимаем в следующем виде:

$$T_m(t) = \frac{1}{M} K_s q \eta_m e^{-\varepsilon_0 t} [p_1(t) \sin \omega t + \varphi_1(t) \cos \omega t]$$

$$\ddot{T}_m(t) = \frac{1}{M} K_s q \eta_m e^{-\varepsilon_0 t} [p_2(t) \sin \omega t + \varphi_2(t) \cos \omega t]$$

Здесь  $\eta_m$  является коэффициентом формы колебания и имеет вид:

$$\eta_m = \frac{\int X_m(x) dx}{\int X_m^2(x) dx}$$

Чтобы  $T_m(t)$  было решение (I), получим следующие условия:

$$p_2(t) + \omega_m^2 p_1(t) = p(t) \tag{4}$$

$$\varphi_2(t) + \omega_m^2 \varphi_1(t) = \varphi(t)$$

Здесь полиномы  $p_1(t)$  и  $\varphi_1(t)$  в зависимости от принятого  $Q(t)$  являются известными.

Полиномы  $p_2(t)$  и  $\varphi_2(t)$  в зависимости от  $Q(t)$  определяются из (4) в виде:

$$p_2(t) = (\varepsilon_0^2 - \omega^2)p_1(t) - 2\varepsilon_0 \dot{p}_1(t) + \ddot{p}_1(t) + 2\varepsilon_0 \omega \varphi_1(t) - 2\omega \dot{\varphi}_1(t)$$

$$\varphi_2(t) = (\varepsilon_0^2 - \omega^2)\varphi_1(t) - 2\varepsilon_0 \dot{\varphi}_1(t) + \ddot{\varphi}_1(t) - 2\varepsilon_0 \omega p_1(t) + 2\omega \dot{p}_1(t)$$

При решении задачи степени полиномов  $p_1(t)$  и  $\varphi_1(t)$  принимают равным степени полинома  $Q(t)$ .

В большинстве случаев степень полинома  $Q(t)$  принимается равным двум, поэтому  $p_1(t)$  и  $\varphi_1(t)$  тоже принимается в виде:

$$p_1(t) = At^2 + Bt + C$$

$$\varphi_1(t) = A_1 t^2 + B_1 t + C_1$$

Учитывая полиномы  $p_1(t)$ ,  $\varphi_1(t)$  и  $Q(t)$  для полиномов  $p_2(t)$  и  $\varphi_2(t)$  получим следующие решения:

$$p_2(t) = [(\varepsilon_0^2 - \omega^2)A + 2\omega\varepsilon_0 A_1]t^2 + \left[ \begin{matrix} (\varepsilon_0^2 - \omega^2)B - 4\varepsilon_0 A_1 + \\ + 2\varepsilon_0 \omega B_1 - 4\omega A \end{matrix} \right] t +$$

$$+ [(\varepsilon_0^2 - \omega^2)C - 2\varepsilon_0 B + 2A + 2\varepsilon_0 \omega C_1 - 2\omega B_1]$$

$$\varphi_2(t) = [(\varepsilon_0^2 - \omega^2)A_1 + 2\omega\varepsilon_0 A]t^2 + \left[ \begin{matrix} (\varepsilon_0^2 - \omega^2)B_1 - 4\varepsilon_0 A_1 + \\ + 2\varepsilon_0 \omega B - 4\omega\varepsilon_0 B - 4\omega A \end{matrix} \right] t +$$

$$+ [(\varepsilon_0^2 - \omega^2)C_1 - 2\varepsilon_0 B_1 + 2A_1 + 2\varepsilon_0 \omega C + 2\omega B]$$

$$\beta_m(t) = e^{-\varepsilon_0 t} \left\{ \begin{matrix} [1 - (\varepsilon_0^2 - \omega^2)A + 2\omega\varepsilon_0 A_1]t^2 + \\ + [(\varepsilon_0^2 - \omega^2)C - 2\varepsilon_0 B + 2A + 2\varepsilon_0 \omega C_1 - \\ - 2\omega A_1] \end{matrix} \right\} \sin \omega t +$$

$$+ e^{-\varepsilon_0 t} \left\{ \begin{matrix} [1 - (\varepsilon_0^2 - \omega^2)A_1 + 2\varepsilon_0 \omega A]t^2 + \\ + [(\varepsilon_0^2 - \omega^2)B_1 - 4\varepsilon_0 A - 2\varepsilon_0 \omega + 4\omega A]t + \\ + [(\varepsilon_0^2 - \omega^2)C_1 - 2\varepsilon_0 B_1 + 2A - 2\varepsilon_0 C + 2\omega B] \end{matrix} \right\} \cos \omega t$$

Определение коэффициентов А, В и С и  $A_1$ ,  $B_1$ ,  $C_1$  полиномов  $p_1(t)$ ,  $\varphi_1(t)$  сводится к решению следующих последовательных алгебраических уравнений:

$$\left\{ \begin{matrix} (\varepsilon_0^2 - \omega^2 - \omega_m^2)A + 2\varepsilon_0 \omega A_1 = 1 - \frac{\varepsilon_0^2}{\omega^2} \\ -2\varepsilon_0 \omega A + (\varepsilon_0^2 - \omega^2 - \omega_m^2)A_1 = \frac{2\varepsilon_0}{\omega} \end{matrix} \right\}$$

$$\left\{ \begin{matrix} (\varepsilon_0^2 - \omega^2 - \omega_m^2)B + 2\varepsilon_0 \omega B_1 = -\frac{4\varepsilon_0}{\omega} + 4\varepsilon_0 A + 4\omega A_1 \\ -2\varepsilon_0 \omega B + (\varepsilon_0^2 - \omega^2 - \omega_m^2)B_1 = \frac{4}{\omega^2} - 4\varepsilon_0 A_1 + \omega A \end{matrix} \right\}$$

$$\left\{ \begin{matrix} (\varepsilon_0^2 - \omega^2 - \omega_m^2)C + 2\varepsilon_0 \omega C_1 = \frac{2}{\omega^2} + 2\varepsilon_0 B - 4\omega B_1 - 2A \\ -2\varepsilon_0 \omega C + (\varepsilon_0^2 - \omega^2 - \omega_m^2)C_1 = 2\varepsilon_0 B_1 - 2\omega B - 2A_1 \end{matrix} \right\}$$



Последовательно решив эти алгебраические уравнения, находим:

$$A = \frac{1}{D_{0n}} \left[ \left( 1 - \frac{\varepsilon_0^2}{\omega^2} \right) (\varepsilon_0^2 - \omega^2 - \omega_m^2) - 4\varepsilon_0^2 \omega^2 \right]$$

$$A_1 = \frac{1}{D_{0n}} \left[ \frac{2\varepsilon_0}{\omega} (\varepsilon_0^2 - \omega^2 - \omega_m^2) + 2\varepsilon_0 \omega \left( 1 - \frac{\varepsilon_0^2}{\omega^2} \right) \right]$$

$$B = \frac{1}{D_{0n}} \left[ \left( \frac{4\varepsilon_0}{\omega} + 4\varepsilon_0 A + 4\omega A_1 \right) (\varepsilon_0^2 - \omega^2 - \omega_m^2) + 4\varepsilon_0 \omega \left( \frac{4}{\omega} - 4\omega A - 4\varepsilon_0 A_1 \right) \right]$$

$$B_1 = \frac{1}{D_{0n}} \left[ 2\varepsilon_0 \omega \left( \frac{4\varepsilon_0}{\omega} + 4\varepsilon_0 A + 4\omega A_1 \right) - \left( \frac{4}{\omega} + 4\omega A - 4\varepsilon_0 (\varepsilon_0^2 - \omega^2 - \omega_m^2) A_1 \right) \right]$$

$$C = \frac{1}{D_{0n}} [(2\varepsilon_0 B - 2\omega B_1 - 2A) - (\varepsilon_0^2 - \omega^2 - \omega_m^2)]$$

$$C_1 = \frac{1}{D_{0n}} \left[ \frac{1}{D_{0n}} \left( \frac{4}{\omega} - 2\varepsilon_0 B + 2\omega B_1 + 2A \right) \right]$$

где

$$D_{0n} = (\varepsilon_0^2 - \omega^2 - \omega_m^2)^2 + 4\varepsilon_0^2 \omega^2$$

Таким образом решение задачи получится в виде:

$$w(x, t) = \frac{K_s q}{M} e^{-\varepsilon_0 t} \sum_m \eta_m [p_1(t) \sin \omega t + \varphi_1(t) \cos \omega t] X_m(x) \quad (5)$$

После нахождения решения  $T_m(t)$  можно найти решения уравнения сейсмостойкости разложенные в ряды.

Правая часть уравнения сейсмостойкости имеет вид:

$$q_s(x, t) = -M(\ddot{w} + \ddot{w}_B) - \beta M(\dot{w}_B + \dot{w}) = K_s q \sum_m \eta_m \beta_m(t) X_m(x)$$

Здесь  $\beta_m(t)$ -коэффициент динамичности сейсмических сил.

Задача сведена к определению трех коэффициентов задачи сейсмостойкости:  $K_s$ ,  $\eta_m$  и  $\beta_m(t)$ .

Коэффициенты  $K_s$  и  $\eta_m$  не зависят от времени и определены в соответствии с действующими нормами[2]. Задаваясь уравнением движения грунта в обобщенной форме во время землетрясения:

$$w_B(t) = a_0 Q(t) e^{-\varepsilon_0 t} \sin \omega t$$

Можно найти значения сейсмической нагрузки. Форма сейсмических импульсов принимается в зависимости от  $Q(t)$  и она обобщает все указанные выше формы и принимается в виде:

$$Q(t) = t^2$$

Задача решается в следующей последовательности.

При  $Q(t) = t^2$  полиномы  $p(t)$  и  $\varphi(t)$  принимают следующий вид:

$$p(t) = \left( 1 - \frac{\varepsilon_0^2}{\omega^2} \right) t^2 + \frac{4\varepsilon_0}{\omega} t - \frac{2}{\omega^2}$$

$$\varphi(t) = \frac{2\varepsilon_0}{\omega} t^2 - \frac{4}{\omega} t$$

В соответствии этим полиномам, полиномы  $p_1(t)$  и  $\varphi_1(t)$  тоже принимаются в виде полиномов второй степени.

Следовательно, решение задачи полученное выше, упрощается в виде того, что полиномы  $p_1(t)$  и  $\varphi_1(t)$  принять в виде:

$$p_1(t) = At^2; \quad \varphi_1(t) = A_1 t^2$$

Другие коэффициенты  $B, B_1$  и  $C, C_1$  принимаются равными нулю.  $B = B_1 = 0; C = C_1 = 0$

Тогда:

$$p_2(t) = [1 - (\varepsilon_0^2 - \omega^2)A + 2\omega\varepsilon_0 A_1]t^2 - 4(\varepsilon_0 A_1 + \omega A)t + 2A$$

$$\varphi_2(t) = [1 - (\varepsilon_0^2 - \omega^2)A_1 - 2\omega\varepsilon_0 A]t^2 - 4(\varepsilon_0 A_1 + \omega A)t + 2A_1$$

$$\beta_m(t) = e^{-\varepsilon_0 t} \left\{ [1 - (\varepsilon_0^2 - \omega^2)A + 2\omega\varepsilon_0 A_1]t^2 - \right. \\ \left. - 4(\varepsilon_0 A_1 + \omega A)t + 2A \right\} \sin \omega t +$$

$$+ e^{-\varepsilon_0 t} \left\{ [1 - (\varepsilon_0^2 - \omega^2)A_1 + 2\varepsilon_0 \omega A]t^2 - 4(\varepsilon_0 A_1 + \omega A)t + 2A_1 \right\} \cos \omega t$$

Здесь

$$A = \frac{1}{D_{0n}} \left[ \left( 1 - \frac{\varepsilon_0^2}{\omega^2} \right) (\varepsilon_0^2 - \omega^2 - \omega_m^2) - 4\varepsilon_0^2 \omega^2 \right]$$

$$A_1 = \frac{1}{D_{0n}} \left[ \frac{2\varepsilon_0}{\omega} (\varepsilon_0^2 - \omega^2 - \omega_m^2) + 2\varepsilon_0 \omega \left( 1 - \frac{\varepsilon_0^2}{\omega^2} \right) \right]$$

$$D_{0n} = (\varepsilon_0^2 - \omega^2 - \omega_m^2)^2 + 4\varepsilon_0^2 \omega^2$$

Наша цель заключается в том, чтобы изучать влияния ползучести и длительной прочности бетона на величину сейсмической нагрузки.

В выражении  $\beta_m(t)$  квадрат частоты свободных колебаний изгибаемых элементов зависят от жесткости изгибающих железобетонных элементов.

$$\omega_m^2 = \frac{\pi^4}{H^4} \left( \frac{2m-1}{2} \right)^4 \frac{D}{M}$$

Коэффициенты решения задачи тоже зависят от квадрата частот свободных колебаний изгибаемых элементов, значения которого приведены выше. В общем случае задачи эти исследования связаны с большими вычислительными работами.

Целью настоящей работы является в том, что при определении жесткости изгибаемых элементов на основе нелинейной деформационной модели механики твердых тел, учитывать реальные деформационные и прочностные характеристики бетона. Жесткость железобетонных элементов имеет вид [1]:

$$D = K_0 E_b (K_b I_{x,b} + n K_s I_{x,s})$$

$$K_b = 1,5 \left( 1 - \frac{1}{3} K_0^2 \right) - \gamma_{bl} \left( 1 + \frac{K_0}{2} \right) (1 - K_0); \quad I_{x,b} = \frac{b y^3}{3}$$

$$I_{x,s} = A_s (h_0 - y)^2 + \frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_{sl}} \bar{A}_s (y - \bar{a})^2; \quad K_s = \frac{\varepsilon_{sl}}{\varepsilon_s K_0}$$

При упругой работе бетона  $K_0 = 1$  и  $\gamma_{bl} = 1$  жесткость при изгибе определяется следующей формулой:

$$D_0 = E_b \left[ \frac{b y^3}{3} + n A_s (h_0 - y)^2 \right]$$

Высота сжатой зоны бетона определяется из решения следующего квадратного уравнения:

$$\xi^2 + 2n\mu_s \xi - 2n\mu_s = 0$$

где

$$\mu_s = \frac{A_s}{b h_0}; \quad n = \frac{E_s}{E_b}$$

Учитывая реальные характеристики бетона ( $K_0 = 0,2$  и  $\gamma_{bl} = 0,85$ ) жесткость изгибаемых железобетонных элементов определяется следующей формулой:

$$D_p = K_0 E_b (K_b I_{x,b} + n K_s I_{x,s})$$

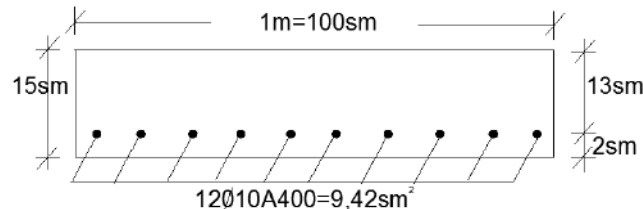
Высоту сжатой зоны бетона при изгибе определяется по формуле [1]:

$$\xi = \frac{n_R \mu_s}{1 - K_0 - 0,5(1 - \gamma_{bl})(1 - K_0)}$$

Здесь

$$n_R = \frac{R_s}{R_b}; K_s = \frac{\varepsilon_{sl}}{\varepsilon_s K_0}; \varepsilon_s = \varepsilon_{b2} \frac{h_0 - y}{y}$$

Для иллюстрации влияния длительного действия сейсмической нагрузки рассматриваются следующие примеры.



Рассмотрим изгиб простого ребристого перекрытия. Армирование сечения полосы приводится ниже.

$$\mu_s = \frac{9,42}{100 \cdot 13} = 0,0072; h_0 = 15 - 2 = 13 \text{ см}$$

Бетон В25 ( $R_b = 14,5$  МПа;  $E_b = 30 \cdot 10^3$  МПа); Арматура А400 ( $R_s = 365$  МПа;  $E_s = 2 \cdot 10^5$  МПа)

$$n_s = \frac{E_s}{E_b} = 6,67$$

Положение нейтрального слоя сечения определяется решением следующего квадратного уравнения, при  $K_0 = 1$  и  $\gamma_{bl} = 1$ .

$$\xi^2 + 2 \cdot 6,67 \cdot 0,0072 \cdot \xi - 0,096 = 0$$

В упругой стадии бетона находим жесткость изгибаемой полосы, шириной 1,0м.

С учетом реальных характеристик бетона ( $K_0 = 0,2$  и  $\gamma_{bl} = 0,85$ ) жесткость при изгибе железобетонных элементов перекрытия определяется следующей формулой:

$$D_p = K_0 E_b (K_b I_{x,b} + n K_s I_{x,s})$$

Где

$$K_b = 1,5 \left( 1 - \frac{1}{3} K_0^2 \right) - (1 - \gamma_{bl})(1 + 0,5 K_0)(1 - K_0) = 1,5 \left( 1 - \frac{1}{3} 0,2^2 \right) - 0,85 \cdot 1,1 \cdot 0,8 = 1,35$$

Высота сжатой зоны бетона с учетом длительной прочности и ползучести бетона определяется по формуле [1]:

$$\xi = \frac{n_R \mu_s}{1 - K_0 - 0,5(1 - \gamma_{bl})(1 - K_0)}$$

$$n_R = \frac{R_s}{R_b} = \frac{365}{14,5} = 25,17; K_0 = 0,2; \gamma_{bl} = 0,85$$

$$\xi = \frac{25,17 \cdot 0,0072}{1 - 0,8 - 0,5 \cdot 0,85 \cdot 0,8} = \frac{0,228}{0,74} = 0,31$$

$$y = \xi h_0 = 0,31 \cdot 13 = 4,03 \text{ см}$$

Деформация растянутой арматуры будет равна:

$$\varepsilon_s = \varepsilon_{b2} \frac{h_0 - y}{y} = 0,0035 \frac{13 - 4,03}{4,03} = 0,0078 > \varepsilon_{sl}$$

$$K_s = \frac{\varepsilon_{sl}}{\varepsilon_s K_0} = \frac{0,00175}{0,0078 \cdot 0,2} = 1,12$$

$$D_p = 0,2 \cdot 30 \cdot 10^3 (100) \left[ 1,35 \frac{100 \cdot 4,03^2}{3} + 1,12 \cdot 6,67 \cdot 9,42 (13 - 4,03)^2 \right]$$

$$= 5164,3 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{cm}^3$$

В результате ползучести бетона жесткость элемента уменьшается.

$$\frac{D_p}{D_0} = \frac{5164,3}{21300} = 0,24 \text{ раза.}$$

Следовательно, квадрат частоты свободных колебаний то же уменьшается:

$$\frac{\omega_{pm}^2}{\omega_{0m}^2} = \frac{5164,3}{21300} = 0,24; \quad \omega_{pm}^2 = 0,24 \omega_{0m}^2$$

Динамический коэффициент  $\beta_m$  определяется в зависимости от формы сейсмического импульса.

**Пример 1.** Предположим, что сейсмический импульс принят в виде:  $w_B(t) = a_0 \sin \omega t$ ;  $\varepsilon_0 = 0$

Тогда  $\beta_m$  определяется по следующей известной формуле  $\beta_m < 2,5$ .

$$\beta_m = \frac{1}{1 - \frac{\omega^2}{\omega_{0m}^2}}$$

Чтобы избежать сейсмический резонанс, примем следующие условия:

$$\frac{\omega^2}{\omega_{0m}^2} < 0,6 \text{ или } \frac{\omega^2}{0,24 \omega_{0m}^2} < 0,6; \quad \frac{\omega^2}{\omega_{0m}^2} < 0,144$$

$$\text{Принимаем: } \frac{\omega^2}{\omega_{0m}^2} = 0,13 \text{ и } \frac{\omega^2}{\omega_{pm}^2} = \frac{0,13}{0,24} = 0,54$$

Сейсмический динамический коэффициент при упругой работе бетона будет равен:

$$\beta_{0m} = \frac{1}{1 - 0,13} = \frac{1}{0,87} = 1,15$$

При учете ползучести бетона, т.е. при длительном действии нагрузки.

$$\beta_{pm} = \frac{1}{1 - 0,54} = \frac{1}{0,46} = 2,17$$

Таким образом при длительном действии нагрузки сейсмическая нагрузка увеличивается в  $\frac{2,17}{1,15} \approx 1,9$  раз.

**Пример 2.** Сейсмический импульс заданы с учетом затухания колебаний в грунте.

$$w_B(t) = a_0 e^{-\varepsilon_0 t} \sin \omega t; \quad \varepsilon_0 \neq 0.$$

В этом случае задача решается следующим образом:

Сейсмический коэффициент  $\beta_m(t)$  зависит от времени. Поэтому, в данном примере рассматривается случай, когда  $\sin \omega t_0 = 1$  и находим  $t_0 = \frac{\pi}{2\omega}$ . При этом

$$\beta_m(t_0) = e^{\frac{-\pi \varepsilon_0}{2\omega}} \left[ 1 - (\varepsilon_0^2 - \omega^2) A + 2\omega \varepsilon_0 A_1 \right]$$

Здесь

$$A = \frac{1}{D_{0n}} \left[ \left( 1 - \frac{\varepsilon_0^2}{\omega^2} \right) \left( 1 - \frac{\omega^2}{\omega_{0m}^2} + \frac{\varepsilon_0^2}{\omega_{0m}^2} \right) - 4 \frac{\varepsilon_0^2}{\omega_{0m}^2} \right]$$

$$A_1 = \frac{1}{D_{0n}} \left[ \frac{2\varepsilon_0}{\omega} \left( 1 - \frac{\omega^2}{\omega_{0m}^2} + \frac{\varepsilon_0^2}{\omega_{0m}^2} \right) + \frac{2\varepsilon_0}{\omega_{0m}^2} \left( 1 - \frac{\varepsilon_0^2}{\omega_{0m}^2} \right) \right]$$

где

$$D_{0n} = \omega_{0m}^2 \left[ \left( 1 - \frac{\omega^2}{\omega_{0m}^2} - \frac{\varepsilon_0^2}{\omega_{0m}^2} \right)^2 + 4 \frac{\varepsilon_0^2 \omega^2}{\omega_{0m}^4} \right]$$

Чтобы избежать сейсмического резонанса принимаются следующие соотношения:

$$\frac{\omega^2}{\omega_{pm}^2} < \frac{\omega^2}{0,24 \omega_{0m}^2} < 0,7 : \quad \frac{\omega^2}{\omega_{0m}^2} < 0,161$$

Принимаем:

$$\frac{\omega^2}{\omega_{0m}^2} = 0,1225; \quad \frac{\omega^2}{\omega_{pm}^2} = 0,533; \quad \frac{\varepsilon_0}{\omega_{0m}} = 0,04; \quad \frac{\varepsilon_0}{\omega} = \frac{0,04}{0,35} = 0,144; \quad \frac{\varepsilon^2}{\omega_{0m}^2} = 0,0016$$

$$\frac{\varepsilon_0}{\omega_{pm}} = 0,092; \quad \frac{\varepsilon^2}{\omega_{pm}^2} = 0,0085; \quad \frac{\varepsilon_0^2}{\omega^2} = 0,013$$

В соответствии с принятыми соотношениями вычисляем коэффициент

$$D_{0n} = \omega_{0m}^4 \left[ \left( 1 - \frac{\omega^2}{\omega_{0m}^2} + \frac{\varepsilon_0^2}{\omega_{0m}^2} \right)^2 + 4 \frac{\varepsilon_0^2 \omega^2}{\omega_{0m}^4} \right] = \beta_m(t_0).$$

$$= \omega_{0m}^4 [(1 - 0,1225 + 0,0016)^2 + 4 \cdot 0,0016 \cdot 0,1225] = 0,87 \omega_{0m}^4$$

$$A = \frac{\omega_{0m}^2}{D_{0n}} \left[ \left( 1 - \frac{\varepsilon_0^2}{\omega^2} \right) \left( 1 - \frac{\omega^2}{\omega_{0m}^2} + \frac{\varepsilon_0^2}{\omega_{0m}^2} \right) - 4 \frac{\varepsilon_0^2}{\omega_{0m}^2} \right] =$$

$$= \frac{1}{0,87 \omega_{0m}^2} [(1 - 0,013) \cdot 0,879 - 4 \cdot 0,0016] = \frac{0,98}{\omega_{0m}^2}$$

$$A_1 = \frac{\omega_{0m}^2}{D_{0n}} \left[ \frac{2\varepsilon_0}{\omega} \left( 1 - \frac{\omega^2}{\omega_{0m}^2} + \frac{\varepsilon_0^2}{\omega_{0m}^2} \right) + \frac{2\varepsilon_0}{\omega_{0m}^2} \left( 1 - \frac{\varepsilon_0^2}{\omega_{0m}^2} \right) \right] =$$

$$= \frac{1}{0,87 \omega_{0m}^2} [(0,228 \cdot 0,879 + 2 \cdot 0,4 \cdot 0,35 \cdot 0,987)] =$$

$$= \frac{1,147}{\omega_{0m}^2} [(0,2004 + 0,276)] = \frac{0,261}{\omega_{0m}^2}$$

$$\beta_{0m} = e^{-0,17} \left( 1 + 0,98 \frac{\omega^2}{\omega_{0m}^2} - 0,98 \frac{\varepsilon_0^2}{\omega_{0m}^2} + \frac{2\varepsilon_0 \omega}{\omega_{0m}^2} \cdot 0,261 \right) =$$

$$= 0,885(1 + 0,121 - 0,0018 + 2 \cdot 0,04 \cdot 0,35 \cdot 0,261) = 1,1$$

С учетом деформации ползучести:

$$D_{0n} = \omega_{pm}^4 \left[ \left( 1 - \frac{\omega^2}{\omega_{pm}^2} + \frac{\varepsilon_0^2}{\omega_{0m}^2} \right)^2 + 4 \frac{\varepsilon_0^2 \omega^2}{\omega_{pm}^4} \right] =$$

$$= \omega_{pm}^4 [(1 - 0,532 + 0,0085)^2 + 4 \cdot 0,0085 \cdot 0,532] = 0,24 \omega_{pm}^4$$

$$A = \frac{\omega_{pm}^2}{0,245 \omega_{pm}^4} [(1 - 0,013) \cdot 0,468 - 0,018] = \frac{4,08}{\omega_{pm}^2} \cdot 0,444 = \frac{1,81}{\omega_{pm}^2}$$

$$A_1 = \frac{\omega_{pm}^2}{0,245 \omega_{pm}^4} [2 \cdot 0,114 \cdot 0,468 + 2 \cdot 0,092 \cdot 0,73] = \frac{4,08}{\omega_{pm}^2} (0,1067 + 0,1343) = \frac{0,98}{\omega_{pm}^2}$$

$$\beta_{pm} = e^{-0,17} (1 + 0,533 \cdot 1,8 + 1,81 \cdot 0,0085 + 0,0692) = 0,885 \cdot 2,048 = 1,81$$

Динамический коэффициент с учетом  $\varepsilon_0$  и ползучести бетона увеличивается в  $\frac{1,81}{1,1} = 1,65$  раза.

Из полученных результатов видно, что учет  $\varepsilon_0$  приводит к уточнению коэффициента динамичности.

Таким образом, на основании результатов численных примеров сделаны следующие выводы.

1. На основании динамического метода сейсмостойкости обобщено форма сейсмических импульсов, которая позволяет уточнить значения сейсмической силы.
2. Впервые получена новая формула для определения жесткости изгибаемых железобетонных элементов, путем приложения нелинейной деформационной модели механики твердых тел. Как показывают результаты численных примеров, учет реальных деформационных характеристик бетона динамические характеристики при изгибе, т.е. частоты свободных колебаний уменьшаются.

3. На основании численных примеров, установлены значительные повышения значений сейсмической нагрузки, учет которых необходимо при проектировании железобетонных элементов.

### **Литература**

1. Сейфуллаев Х.К. Разработка методики расчета железобетонных элементов на основе нелинейной деформационной модели механики деформируемых твердых тел. "Строительная механика и расчет сооружений" №5, 64-73s, 2021
2. AzDTN 2.3-1. Строительство в сейсмических районах, Баку, 45с. 2009
3. Гонткевич В.С. Собственные колебания пластин и оболочек, Киев, Наука думка, 288с. 1964
4. Seyfullayev X.Q., Qarayev A.N. Dəmir-beton elementlərin hesablanması üçün yeni nəzəri əsasları, 422s. Bakı, 2021

### **References**

1. Seifullayev H.K. Razrabotka metodiki rascheta zhelezobetonnyh elementov na osnove nelinejnoj deformacionnoj modeli mekhaniki deformiruemyh tverdyh tel. "Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenij" №5, 64-73s, 2021
2. AzDTN 2.3-1. Stroitel'stvo v sejsmicheskix rajonah, Baku, 45s. 2009
3. Gontkevich V.S. Sobstvennyye kolebaniya plastin i obolochek, Kiev, Nauka dumka, 288s. 1964
4. Seyfullayev X.Q., Qarayev A.N. Demir-beton elementlerin hesablanmasinin yeni nezeri esaslari, 422s. Baki, 2021

*Məqaləyə istinad: Djabraylova G.X. Teoreticheskie osnovy issledovaniya seysmostoykosti izгибаемых железобетонных элементов. Elmi Əsərlər jurnalı / Scientific works. AzMIU, s. 212-222, N2, 2023*

*For citation: Jabrayilova G.K. Theoretical foundations for the study of seismic resistance of bent reinforced concrete elements. Elmi Əsərlər jurnalı/ Scientific works. AzUAC, p. 212-222, N2, 2023*

***Məqalə INTERNATIONAL CONGRESS ON ADVANCED EARTHQUAKE RESISTANT STRUCTURES (AERS2023) adlı konfrans materialıdır.***

## İQTİSADİYYAT

ЭКОНОМИКА



ECONOMICS

<http://doi.org/1058225/sw.2023.2-223-229>**ИНВЕСТИЦИИ В ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОРГАНИЗАЦИЙ**

**Агаева Кёнуль Асаф**- к.э.н., доцент, кафедры Экономическая теория и маркетинг, АзАСУ,  
konul.aghayeva@gmail.com

**Аннотация.** В статье исследуются современные экономические подходы к оценке трудовых ресурсов (персонала) как человеческого капитала, его инвестирования как рычага инновационного развития предприятий; описывается влияние инновационно-ориентированного повышения квалификации персонала на обеспечение их конкурентоспособности; определяется связь мотивации персонала и финансовых результатов деятельности предприятий и организаций, в частности, с учетом конечных результатов проектов.

**Ключевые слова:** строительный сектор, трудовые ресурсы, мотивация, финансовые результаты, конкурентоспособность, лояльность, коммуникации, инвестиции, текучка кадров

**INVESTMENTS IN HUMAN CAPITAL IN PROVIDING INNOVATIVE  
DEVELOPMENT AND COMPETITIVENESS OF CONSTRUCTION ENTERPRISES AND  
ORGANIZATIONS**

**Aghayeva Konul Asaf**- PhD in economics, ass.prof., department of Economic theory and marketing, AzUAC, konul.aghayeva@gmail.com

**Summary.** The article examines modern economic approaches to the assessment of labor resources (personnel) as human capital, its investment as a tool for the innovative development of enterprises; describes the impact of innovation-oriented staff development on providing their competitiveness; the relationship between personnel motivation and financial performance of enterprises and organizations, in particular, taking into account the final results of projects.

**Keywords:** construction sector, labor resources, motivation, financial results, competitiveness, loyalty, communication, investment, employer turnover

**Введение.** Проведенный анализ показал, что строительный рынок Азербайджана обладает характеристиками, типичными для рынков СНГ. Строительная отрасль занимает важнейшее место в экономической системе стран, близких к Азербайджану геополитически и с точки зрения экономического развития. Строительная промышленность генерирует около 12 процентов ВВП Азербайджана [5].

Стоимость потребления промежуточной продукции, связанной со строительством, поставщиками продукции и поставщиками услуг также очень высока, составляя от 16,2 процента в Азербайджане до 8,4 процента в России, что предполагает значительный вклад этого сектора в другие отрасли. Малые и средние организации, занимающиеся строительством, занимают около четверти строительного рынка в Азербайджане и других странах СНГ. Однако строительные рабочие, занятые в этих организациях, составляют лишь 13% от общего числа занятых [5]. Строительный сектор является одним из крупнейших

работодателей в Азербайджане, что еще раз подчеркивает экономическое и социальное значение отрасли. Количество людей, занятых в строительной отрасли Азербайджана, достигает 8 процентов населения. Таким образом, эффективное управление персоналом в строительстве становится очень актуальным, поскольку помимо очевидных функциональных ролей, рабочие считаются заинтересованными сторонами. Учет интересов заинтересованных сторон считается ключевым элементом любого плана устойчивого развития [4]. Высокая удовлетворенность сотрудников важна для работы программ управления изменениями или инициатив в области устойчивого развития [3].

Строительные проекты имеют большие проблемы и количество их день изо дня растет. Хотя по сравнению с другими отраслями экономики, в данной отрасли человеческий фактор используется в большей степени, управление человеческими ресурсами в строительстве продолжает оставаться неадекватной и неэффективной.

Таким образом, управление человеческими ресурсами- это процесс управления людьми внутри организации. В строительстве управление человеческими ресурсами в первую очередь заботится о том, чтобы в проекте было достаточно человеческих ресурсов с нужными навыками и опытом для успешного завершения проекта.

**Методы исследования.** Количественные данные были обработаны методом аналитической иерархии (АИР), предложенным Томасом Саати в MPRORITY 1.0. Метод МАИ позволяет анализировать иерархические структуры методами статистической оценки, группировки и построения матрицы, в которой данные сравниваются между собой внутри группы, с целью оценки их эффекта. или относительный вес с последующим ранжированием их от более высокого к более низкому. Другими методами, используемыми здесь, являются расчет индекса относительной важности и сравнительный анализ. Использование MPRORITY 1.0 для обработки данных снижает риск субъективизма при создании рейтинговых таблиц и повышает точность расчетов.

**Анализ.** Строительство— это отрасль, которая требует постоянного обучения и развития сотрудников. По мере того, как в игру вступают новые технологии, работникам необходимо научиться использовать эти технологии, чтобы оставаться востребованными в отрасли.

Например, дроны использовались на объектах для измерения прогресса, и они могут подавать предупреждения о безопасности, если строителям угрожает опасность падения предметов или опасного оборудования. HR-технологии могут помочь в обучении и развитии сотрудников, чтобы они были готовы к тому, когда эти инновации вступают в игру. Основные отличительные особенности строительной отрасли, влияющие на процесс управления человеческими ресурсами, показаны на рисунке 1.





**Рис.1.** Специфика строительной отрасли, влияющая на процесс управления человеческими ресурсами строительных компаний [3]

Некоторые результаты подтвердили опыт других исследователей, свидетельствующий о существовании глобального тренда в области мотивации персонала. В ходе исследования выяснилось, что среди основных мотивационных факторов сегодня для строителей можно выделить уровень заработной платы (в том числе своевременной ее выплаты), надбавок и дополнительных льгот. Эти результаты согласуются с выводами предыдущих исследований в этой области: факторы, связанные с заработной платой и бонусами, входили в первую пятерку наиболее важных [10, 19, 20, 22-26, 29]. В то же время исследование Ghoddousi et al. [3] показали, что для строительных работников больше всего важны исключительно нематериальные факторы: большая ответственность / контроль на работе, похвала со стороны менеджера, чувство выполненного долга, изучение нового.

Необходимо также отметить роль коммуникаций в повышении лояльности персонала. Коммуникация играет важную роль в формировании лояльности сотрудников. Коммуникационный процесс в компании должен быть структурирован для информирования и обучения сотрудников. Он также должен подчеркнуть и подтвердить сотрудникам, что их вклад способствует росту компании.

Механизм интенсификации персоналом использования факторов конкурентоспособности состоит в инвестиционном процессе предложения и реализации инновационных решений.

Хотя инвестиции в человеческий капитал могут принести огромные выгоды, нельзя отрицать часто высокие финансовые затраты. С некоторыми инвестициями в человеческие ресурсы компании также рискуют конкурирующими фирмами пожинать плоды в случае бегства сотрудников с корабля.

Следующие преимущества инвестиций в человеческий капитал дают представление о том, почему строительные компании часто готовы брать на себя эти риски.

#### 1. Повышение стабильности сотрудников

Согласно статистике, собранной Autodesk, в строительстве в целом по отрасли оборот составляет 21,4%. Это один из самых высоких показателей по всей экономике. Кроме того, по данным Центра американского прогресса, стоимость текучести часто достигает 20% от базовой зарплаты увольняющегося.

Поэтому неудивительно, что повышение показателей удержания сотрудников является главным приоритетом для многих специалистов по управлению строительством. Инвестиции в человеческий капитал могут помочь в этом. В конце концов, согласно исследованию Общества управления человеческими ресурсами, более 40% работников считают, что приверженность их организации развитию сотрудников необходима для удовлетворения их работой.

Содержать рабочих на зарплате недешево. Как обсуждалось в этой статье, затраты на рабочую силу в строительстве включают не только заработную плату, но и государственные страховые взносы на пособие по безработице.

Примечательным преимуществом увеличения человеческого капитала является то, что эти затраты впоследствии принесут еще большую отдачу.

Посмотрите на это с другой стороны. Важно инвестировать в человеческий капитал, потому что иначе все равно, что купить дорогое оборудование, а потом не обслуживать его. Деньги, которые вы тратите на его хранение (не говоря уже о первоначальной стоимости оборудования), будут иметь убывающую отдачу, чем дольше вы пренебрегаете обслуживанием.

Инвестиции в человеческий капитал заставят вас лучше распоряжаться данными об управлении персоналом. В конце концов, эти данные в конечном итоге помогут вам определить идеальные области для инвестиций. В свою очередь, более эффективное отслеживание данных о рабочей силе принесет множество других преимуществ для процесса управления рабочей силой в вашей компании.

Находить новых сотрудников намного проще, когда ваша компания признана в отрасли серьезной организацией развития сотрудников. Особенно быстро репутация распространяется в строительстве, поскольку работники нескольких фирм нередко переговариваются между собой на рабочих местах.

Послужной список поддержки профессионального развития также может уберечь вас от необходимости платить более высокую заработную плату, чем ваши конкуренты, для найма лучших специалистов.

Инвестиции в человеческий капитал важны, потому что они помогают строительным компаниям находить работников, способных принести еще большую пользу на других должностях.

Это очень сложно, когда работники сосредоточены исключительно на точном выполнении своих должностных обязанностей, потому что времени на развитие не выделено.

Допустим, вы обучаете рабочих работе с определенным типом оборудования. Если один из сотрудников демонстрирует естественную способность эффективно использовать оборудование, может быть целесообразно привлекать его к проектам, которые в значительной степени зависят от него. Возможно, у вас не было бы возможности определить навыки этого работника без инвестиций в обучение.

Инвестиции в человеческий капитал побуждают сотрудников работать вместе и определять улучшения, которые принесут им непосредственную пользу. Эти инвестиции

часто способствуют открытию каналов связи между отделами и уровнями управления, позволяя человеческому капиталу более свободно течь внутри организации.

Это особенно важно в строительстве, учитывая, что работа каждого отдела обычно либо строится, либо служит основой для работы другого. Сплоченность- это преимущество!

Рабочие в строительной отрасли происходят из самых разных экономических и социальных слоев. Иногда эти фоны представляют собой недостатки, которые нелегко преодолеть. Это может помешать работникам полностью раскрыть свой потенциал. Инвестиции в человеческие ресурсы представляют собой привлекательное решение этой проблемы. Они могут помочь работникам, которые, возможно, не смогли самостоятельно пройти определенную подготовку до прихода в компанию.

Клиенты могут сказать, когда работники вашей компании не заняты. Это не очень приятная картина, особенно когда отсутствие инвестиций в человеческий капитал способствует высокой текучести кадров, что приводит к задержкам проектов и недопониманию.

И наоборот, вовлеченная рабочая сила заставит клиентов чувствовать себя уверенно в своем решении вести бизнес с вашей фирмой. С вашими сотрудниками будет приятнее взаимодействовать, что даже может помочь сгладить случайные сбои в работе над проектом.

Когда у работников есть пути развития и инструменты, необходимые для процветания, они будут чувствовать себя намного лучше, приступая к работе, будь то на рабочем месте или в офисе. Опытные специалисты по управлению строительством признают это ключевым преимуществом инвестиций в человеческий капитал. Это делает рабочие будни немного ярче, а также способствует другим преимуществам (некоторые из которых мы уже упоминали, например, улучшение удержания сотрудников).

Рабочие также, вероятно, будут более откровенны в отношении ошибок в позитивной среде. Такое отношение рабочих само по себе может значительно спасти строительную компанию.

У каждой строительной компании есть пробелы в навыках, которые работники не обязательно смогут восполнить по прибытии. Стратегические инвестиции в человеческий капитал позволяют вам обучать работников в этих конкретных областях, доводя вашу рабочую силу до команды, необходимой для обеспечения успеха вашей компании.

Таким образом, инвестируемый участниками проектов капитал или активы могут выступать в различных формах (табл. 1) и быть источником получения обоснованной прибыли участника в общих результатах проекта.

**Таблица 1.** Капитал и активы проекта [5]

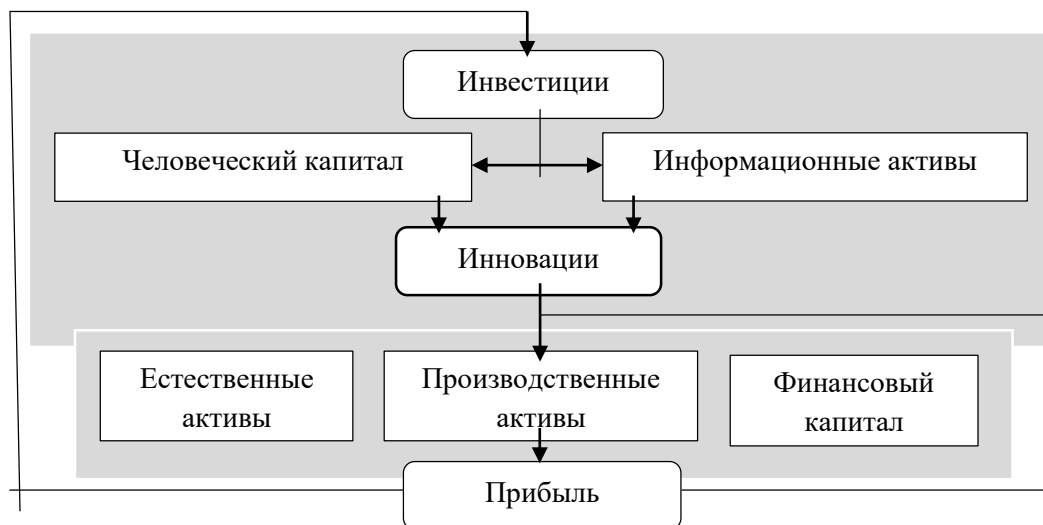
Человеческий Капитал		Информационные активы		Естественные Активы		Производственные активы			Финансовый Капитал	
Менеджмент	Проч.	Интеллектуальный	Бренд	Земля	Природные ресурсы	Недвижимость	Оборудование	Материалы	Деньги	Ценные бумаги

*Источник:* составлено автором.

В табл. 1 показано, что все виды активов участников формируют затраты проекта и только человеческий капитал способен инициировать доходы и прибыль (землевание формирует ренту) в зависимости от комбинации активов во времени, пространстве и по стоимости.

Таким образом, анализ факторов получения конкурентных преимуществ предприятиями дополнен инвестиционным механизмом мотивированного влияния человеческого фактора на их формирование и использование.

Описанная выше схема последовательного инвестирования в различные активы с опережающими инвестициями в человеческий капитал результативно представлена на рис. 2.



**Рис. 2.** Инвестирование в человеческий капитал, инновации и мотивационный источник активизации персонала [5]

*Источник:* составлено автором

**Заключение.** Таким образом, на основе матричной модели и факторов конкурентоспособности показана исходная генерирующая роль человеческого капитала в обеспечении эффективности инвестиционных строительных проектов и повышении конкурентоспособности строительных предприятий-участников и их продукции и технологий.

Среди ряда факторов эффективности и конкурентоспособности организаций (проектов и предприятий) человеческий фактор играет особую роль, которая состоит в управлении всеми остальными материальными и финансовыми ресурсами как факторами обеспечения конкурентоспособности. Таким образом, человеческие ресурсы выступают всеобщей основой использования прочих ресурсов организаций (проектов и предприятий) с целью получения прибыли и ее первоосновой, имеющей стоимость.

Стоимость человеческих ресурсов рассмотрена в статье как человеческий капитал, для формирования которого и для повышения отдачи от которого требуются обоснованные инвестиции, в частности, инвестиции в инновации в работе персонала. Таким образом формируется цепочка: инвестиции в человеческий капитал – использование персонала в формировании конкурентных преимуществ за счет активизации остальных факторов конкурентоспособности – получение результатов - мотивация персонала по результатам.

### Литературы

1. Смитерс Г.Л., Уокер Д.Х.Т. Влияние рабочего места на мотивацию и демотивацию строителей. Констр. Управление Экон. 833–841с. 2000
2. Луоманпаа Р. Мотивация сотрудников Tommy Bartlett. Inc. Университет Хаага-Хелия, 2012
3. Бал М.; Брайд Д., Ферон Д., Очиенг Э. Взаимодействие с заинтересованными сторонами: достижение устойчивости в строительном секторе. Устойчивое развитие. 695-710с. 2013
4. Хуэй Ф.К.П., Да Л., Даффилд К.Ф. Вовлечение сотрудников в устойчивое развитие: ключевые показатели эффективности для «сухих портов». Устойчивое развитие 11, 2967с, 2019

5. Мир-Бабаев Р., Гулалиев М., Шихалиева С., Азизова Р., Ок Н. Влияние культурного разнообразия на эффективность инноваций: данные из строительной отрасли Азербайджана, экономика и социология, 10(1), 78-93с. 2017
6. Адждвад А., Сабих, Ф.Б., Хаят Х.М., Рашид МЮ., Шахид М. Опрос строительных рабочих: «Мотивация». наук. Технол. Девель. 37, 163–167с. 2018
7. Фунсо А., Летема С., Мунала Г. Влияние мотивации на производительность мастеров строительных фирм в Лагосе, Нигерия. Межд. Дж. Экон. Финанс. 8, 271. 2016
8. Алаббади Г., Агиекум-Менса Г. Исследование мотивационных факторов, влияющих на производительность труда работников иорданской строительной отрасли; Международный конгресс по промышленной инженерии и управлению операциями: Богота, Колумбия, 2017
9. Панфилова Е.Е., Демкина О.В., Галичкина М.А., Истомина А.И., Латышева В.В., Теймурова, В.Е. Модели обучения на основе реального проекта в предпринимательском образовании. Дж. Энтреп. Образование. 22, 1–12с. 2019
10. Годдуси П., Пурафшар О., Чилише Н., Хоссейни М.Р. Производительность труда в иранских строительных проектах: взгляды главных исполнительных директоров. Межд. Дж. Продукт. Выполнять. Менеджер. 64, 811–830с. 2015

## References

1. Smitters G.L., Uoker D.H.T. Vliyanie rabocheho mesta na motivaciyu i demotivaciyu stroitelej. Konstr. Upravlenie Ekon. 833–841s. 2000
2. Luomanpaa R. Motivaciya sotrudnikov Tommy Bartlett. Inc. Universitet Haaga-Heliya, 2012
3. Bal M.; Brajd D., Feron D., Ochieng E. Vzaimodejstvie s zainteresovannymi storonami: dostizhenie ustojchivosti v stroitel'nom sektore. Ustojchivoe razvitie. 695-710s. 2013
4. Huej F.K.P., Da L ., Daffild K.F. Vovlechenie sotrudnikov v ustojchivoe razvitie: klyuchevye pokazateli effektivnosti dlya «suhih portov». Ustojchivoe razvitie 11, 2967s, 2019
5. Mir-Babaev R., Gulaliev M., Shihalieva S., Azizova R., Ok N. Vliyanie kul'turnogo raznoobraziya na effektivnost' innovacij: dannye iz stroitel'noj otrasli Azerbajdzhana, ekonomika i sociologiya, 10(1), 78-93s. 2017
6. Adzhvad A., Sabih, F.B., Hayat H.M., Rashid MYu., Shahid M. Opros stroitel'nyh rabochih: «Motivaciya». nauk. Tekhnol. Devel'. 37, 163–167s. 2018
7. Funso A., Letema S., Munala G. Vliyanie motivacii na proizvoditel'nost' masterov stroitel'nyh firm v Lagose, Nigeriya. Mezhd. Dzh. Ekon. Finans. 8, 271. 2016
8. Alabbadi G., Agiekum-Mensa G. Issledovanie motivacionnyh faktorov, vliyayushchih na proizvoditel'nost' truda rabotnikov iordanskoj stroitel'noj otrasli; Mezhdunarodnyj kongress po promyshlennoj inzhenerii i upravleniyu operaciyami: Bogota, Kolumbiya, 2017
9. Panfilova E.E., Demkina O.V., Galichkina M.A., Istomina A.I., Latysheva V.V., Tejmurova, V.E. Modeli obucheniya na osnove real'nogo proekta v predprinimatel'skom obrazovanii. Dzh. Entrep. Obrazovanie. 22, 1–12s. 2019
10. Goddusi P., Purafshar O., Chilishe N., Hossejni M.R. Proizvoditel'nost' truda v iranskih stroitel'nyh proektah: vzglyady glavnyh ispolnitel'nyh direktorov. Mezhd. Dzh. Produkt. Vypolnyat'. Menedzher. 64, 811–830s. 2015

*Məqaləyə istinad: Ağaeva K.A. Инвестиции в человеческий капитал в целях обеспечения инновационного развития и конкурентоспособности строительных предприятий и организаций. Elmi əsərlər/ Scientific works, AzMİU, s.223- 229, N2, 2023*

*For citation: Aghayeva K.A. Investments in human capital in providing innovative development and competitiveness of construction enterprises and organizations. Scientific works/ Elmi eserler. AzUAC, p.223- 229, N2, 2023*

## AZƏRBAYCANDA QEYRİ-NEFT SEKTORUNUN İNKİŞAFINI ŞƏRTLƏNDİRƏN BƏZİ AMİLLƏR

**Aslanova Turan Tofiq qızı** – i.ü.f.d., dos., Sənayenin təşkili və idarə edilməsi kafedrası, AzMİU, turan.aslanova@mail.ru

**Fətahova Nərgiz Rafael qızı** – i.ü.f.d., İqtisadi nəzəriyyə və marketing kafedrası, AzMİU, nargiz.fataxova@mail.ru

**Xülasə.** Məqalədə iqtisadi inkişafın təmin edilməsi üçün sənayenin vacibliyi vurğulanır. Bununla bağlı beynəlxalq təcrübədən nümunələr gətirilir. Eyni zamanda məqalədə, iqtisadiyyatın formalaşmasında təbii-iqtisadi üstünlülərin böyük paya sahib olduğu və müasir dövrümüzdə isə elmi-texniki tərəqqinin, innovasiyaların və investisiyaların əhəmiyyətli rola malik olduğu vurğulanır. İqtisadi prorrionallığı və rəqabəti təmin etmək bağmından Hirişman-Herfindal indeksi iqtisadiyyatın müxtəlif sektorları üzrə hesablanır və bu baxımdan biz də tədqiqatımızda istifadə etmişik. Alınan nəticə föstərir ki, ümumən ölkə iqtisadiyyatında təmərgüzləşmə yoxdur, lakin mədəncixarma sənayesi üzrə müəyyən mənfi və xoşagəlməz tendensiyalar ümumi iqtisadi inkişafda ola bilər. Qeyri-neft sektorunun inkişafı ilə bağlı yanaşmaları göstərmək və qeyri-neft sektorunun mövcud vəziyyətini qiymətləndirməkdir. Qeyri-neft sektorunun potensial inkişafı baxımından aşağı səviyyədə təmərküzləşmə meyllərinin hiss edilməsi vardır ki, bu da həm ölkədə rəqabətin inkişafın və həm də yeni iş yerlərinin yaradılmasına maneə ola bilər. Qeyri-neft sektorunun inkişafının davamlılığı və milli iqtisadiyyatın inkişafı baxımından hirişman-herfindal indeksi hesablanmışdır.

**Açar sözlər:** sənaye, qeyri-neft sektoru, milli iqtisadiyyat, müqayisəli üstünlük, biznesə inam indeksi, hirişman- herfindal indeksi

## SOME FACTORS DETERMINING THE DEVELOPMENT OF THE NON-OIL SECTOR IN AZERBAIJAN

**Aslanova Turan Tofiq** - PhD in econ., ass.prof., department of Organization and management of industry, AzUAC, turan.aslanova@mail.ru

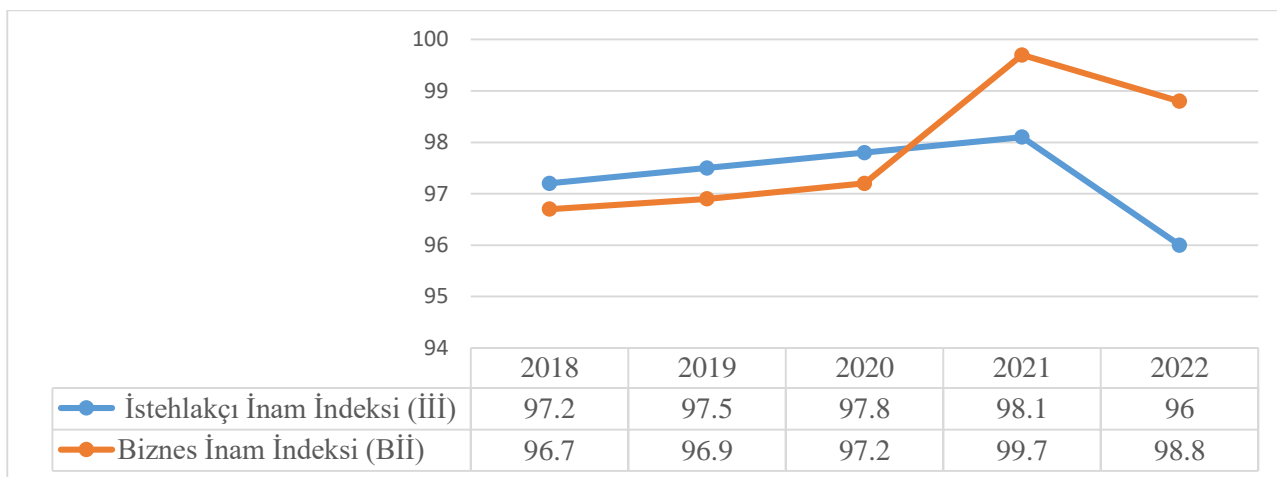
**Fatahova Nargiz Rafael** - PhD, department of Economic theory and marketing, AzUAC, nargiz.fataxova@mail.ru

**Abstract.** The article emphasizes the importance of industry for ensuring economic development. In this regard, examples from international experience are given. At the same time, the article emphasizes that natural-economic advantages have a large share in the formation of the economy, and in our modern era, scientific-technical progress, innovations and investments have an important role. In order to ensure economic proportionality and competition, the Hirişman-Herfindahl index is calculated for various sectors of the economy, and in this regard, we have used it in our research. The result shows that there is no centralization in the country's economy in general, but there may be certain negative and unpleasant trends in the mining industry in general economic development. The purpose of the article is to show the approaches related to the development of the non-oil sector and evaluate the current situation of the non-oil sector. The results of the article - in terms of the potential development of the non-oil sector, there are low levels of concentration tendencies, which can be an obstacle to the development of competition in the country and the creation of new jobs. The Hirschman-Herfindahl index was calculated in terms of the originality of the article- the sustainability of the development of the non-oil sector and the development of the national economy.

**Keywords:** industry, non-oil sector, national economy, comparative advantage, business confidence index, hirişman-herfindahl index

**Giriş.** İnkişaf etmiş ölkələrdə iqtisadiyyatın əsasını sənaye sahələri təşkil edir. Təsadüfi deyildir ki, bir çox iqtisadçı hazır sənaye məhsulunun milli ixracda payının 40%-dən az olmasını adətən sənayenin zəif inkişafı kimi xarakterizə edirlər. Bu baxımdan inkişaf etmiş ölkələrdə sənaye siyasətinə ümumən əlverişli biznes mühitinin yaradılması, sənayenin ayrı-ayrı sahələrinin davamlı inkişafını təmin etmək üçün sosial və sənaye infrastrukturunun yaradılması siyasəti kimi yaxınlaşdığını görürük. Sənaye siyasəti ilə bağlı beynəlxalq təcrübənin təhlili göstərir ki, onun həyata keçirilməsi ölkənin xarakterik xüsusiyyətlərindən, inkişaf səviyyəsindən, qlobal aləmdə malik olduğu müqayisəli üstünlüklərdən asılıdır. Sənayenin inkişafı texnologiya axınlarını və yeni iş yerlərinin yaradılmasını təşviq edir, yeni təhsil proqramlarının hazırlanmasını stimullaşdırır, insan kapitalının inkişafını, sənaye bacarıqlarının artmasını, sosial infrastrukturun, maliyyə alətlərinin və maliyyə bazarlarının formalaşdırılması da daxil olmaqla bir neçə istiqamət üzrə fəaliyyətlərin əlaqələndirilməsi və nizama salınmasına səbəb olur. Bu baxımdan təsadüfi deyildir ki, inkişaf etmiş ölkələr biznesə inam və istehlakçı inam indekslərini hər ay qiymətləndirir və bunun inkişafına uyğun qərar qəbul edirlər.

Müşahidələr göstərir ki, 2018-2022-ci ildə İqtisadi Əməkdaşlıq və İnkişaf Təşkilatı (İƏİT) ölkələri üzrə Biznesə İnəm və İstehlakçı İnəm indeksi aşağıdakı kimidir.



**Şəkil 1.** 2018-2022-ci ildə İqtisadi Əməkdaşlıq və İnkişaf Təşkilatı (İƏİT) ölkələri üzrə Biznesə İnəm və İstehlakçı İnəm indeksi [1]

2022-ci ildə İstehlakçı inam indeksi və biznesə inam indeksinin azalmağa meyilli olması inflyasiya gözləntilərinin aşağı düşməsi ilə bağlı olmuşdur.

**Sənaye sahələrinin formalaşmasının nəzəri-metodoloji xüsusiyyətləri.** Araşdırmalar təsdiqləyir ki, istənilən ölkədə iqtisadiyyatın strukturunun formalaşması kortəbii prosesin nəticəsi olmamışdır. Nəzəri yanaşmalar göstərir ki, iqtisadiyyatın strukturunun formalaşmasında əsas məsələ ölkələrin malik olduğu təbii üstünlüklər olmuşdur. Başqa sözlə, hansı ölkə hansı istehsal faktoru daha çox boldursa həmin sahənin inkişafı labüd hala çevrilmişdir. Neft ehtiyatları bol olan ölkələr neft sahəsinin inkişafı üzrə, əmək resursları bol olan ölkələr kənd təsərrüfatının inkişafı üzrə, elm-texnika sahəsi inkişaf edən ölkələr isə texnologiya sahəsi üzrə ixtisaslaşdığını görürük.

Qlobal aləmdə sənayenin inkişafı ilə əlaqədar əgər 1900-cü ildə dünya enerji daşıyıcılarında neft və neft məhsullarının payı 3% olmuşdursa bu göstərici, 1914-cü 5%, 1939-cu ildə 17,5%, 1975-ci ildə 41,5%, 2000-ci ildə 65%, 2017-cü ildə 70% qədər qalxmışdır. 1995-cü ildə hibrid (elektrik) avtomobillərin meydana gəlməsi və gələcəkdə bu tendensiyanın güclənməsi neft məhsullarına olan tələbin zamanla azalacağını göstərir [2]. İnkişaf etmiş ölkələrin təcrübəsi təsdiqləyir ki, sənaye sahələrinin formalaşması xüsusiyyətləri cəmiyyətin artan tələblərini nəzərə alaraq bir qayda olaraq, istehsalın transformasiyasına yönəldilməlidir. Sənaye sahələrinin formalaşması xüsusiyyətləri ilə bağlı nəzəri yanaşmalar göstərir ki, əsas amillər kimi aşağıdakılara üstünlük verilməsi məqsədəuyğundur [3].

1. Sənaye sahələrinin formalaşdırılarkən ilk növbədə özəl sektorda müqayisəli və rəqabət üstünlüyü ön planda olmalıdır. Təcürbə göstərir ki, iqtisadi resurslarla (kapital, əmək, təbii ehtiyatlarla) təchiz edilmə heç də həmişə istehsalın mövcud strukturunun optimallığına və rəqabətin təmin edilməsinə uyğun gəlmir. Bu məsələdə dövlətin müəyyən tənzimlənmə tədbirləri həyata keçirilməsinə ehtiyac duyulur.

Azərbaycan alimlərindən D.Ə.Vəliyev, A.M.Əsədov öz tədqiqatlarında göstərir ki, istehsal amillərinin qeyri-bərabər artımı bir sıra mənfi nəticələr doğurur. Hər hansı bir istehsal amilinin sürətli artımı, onun intensiv istifadə olunduğu iqtisadiyyat sahəsində xüsusi çəkisinin coxalmasına səbəb olur. Bu bütün digər şərtlər daxilində başqa istehsal sahələrinin nisbi azalmasına gətirib çıxarır. Çünki, ucuzlaşmış istehsal amili daha çox istifadə olunan sahə həm də istehsal amillərini digər sahələrdən özünə daha çox cəlb edir[4].

2. Elmi-texniki tərəqqinin (ETT)naliyyətlərinə və innovasiyalara dəstəyin göstərilməsi. Çağdaş dövrümüzə ETT-nin və innovasiya iqtisadiyyatın strukturuna təsiri böyükdür. ETT yüksək inkişaf edən ölkələrdə texnoloji və struktur işsizliyinin yaranmasına gətirib çıxarır. Nəzərə almaq lazımdır ki, texnoloji işsizlik elmi-texniki tərəqqinin nəticəsində yaranır. Struktur işsizlik isə elmi-texniki tərəqqinin təsiri altında iqtisadiyyatın miqyasında stuktur dəyişikliyi olur.

Müşahidələr təsdiqləyir ki, iqtisadiyyatının strukturunun formalaşdırılması cəmiyyətin artan tələbi qarşısında bir çox hallarda yetrli olmur. Bu baxımdan iqtisadi inkişafı stimullaşdırılma məsələləri əhəmiyyət kəsb edir. Bu zaman;

–Aktiv sənaye struktur siyasəti

–Passiv sənaye struktur siyasəti.

Aktiv sənaye struktur siyasətində dövlət iqtisadiyyatın proporsionalığına, passiv sənaye struktur siyasətində isə əsas diqqət iqtisadiyyatın bazar mexanizminin formalaşdırılmasına yönəldilir. Belə halda iqtisadiyyatda tələb vasitəsilə iqtisadiyyatın strukturunun formalaşdırılmasına yönəldilir və dövlət bu məsələdə yalnız kapitalın sərbəst axını üçün qanuni əsas yaradır.

İqtisadiyyatın sahə strukturu formalaşma xüsusiyyətindən aslı olaraq onu qiymətləndirmək mümkündür. Belə yanaşmalardan biri də Beynəlxalq praktikada konsentrasiya və ya ölkədə rəqabəti səviyyəsini qiymətləndirmək üçün istifadə edilən Herfindal-Hirşman İndeksidir(HHI). Daha doğrusu, 1982-ci ildən ABŞ Ədliyyə Departamentinin Federal Ticarət Komissiyası inhisarçılığı araşdırır. Əşyaları almaq üçün HHI-dən istifadə olunur. İQİ hər hansı bir ölkənin iqtisadi sektorunun fərdi göstəricilərini nəzərə alan bir indeks olduğundan, CPI-nin dəyişməsi onun arasında olacaq. Təcrübədə HHI-nin hesablanması aşağıdakı kimidir [5].

$$HHI = \sum_{i=1}^n S_i^2$$

Hirshman-Herfindal indeksinin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, sektorların ÜDM-də bazar paylarının kvadratı Onların cəmi müəyyən edilir.

HHI - Hirshman-Herfindal indeksi; Si i-ci sahənin bazar payıdır. HHI-nin qiymətləndirilməsi aşağıdakı yanaşmaya əsaslanır.

**Cədvəl 1.** Hirşman- Herfindal indeksinin bazar konsentasiyası üçün meyarları [5]

HHI-nin meyarları	Təmərgüzləşmə səviyyəsi
$HHI \leq 1500$	aşağı səviyyədə təmərküzləşmə
$1500 < HHI \leq 2500$	orta səviyyədə təmərküzləşmə
$HHI > 2500$	yüksək səviyyədə təmərküzləşmə

**Azərbaycanda qeyri-neft sektorunun inkişaf xüsusiyyətlərinin təhlili.** İqtisadi inkişafın səmərəli təşkilində onun sahə strukturunun optimallığı ən önəmli məsələlərdən biridir. Müstəqilliyin ilk illərindən ölkə iqtisadiyyatının struk-turunda əsas məsələlərdən biri dövlət payının azaldılması qeyri-neft sektorunun xüsusi çəkisinin artırılması ilə bağlı olmuşdur. Əgər 1995-ci ildə ÜDM-də qeyri-dövlət sektorunun payı cəmi 30.3% olmuşdursa bu göstərici 2021-ci ildə 83.5%-dir.



**Cədvəl 2.** Ümumi daxili məhsulda qeyri-dövlət bölməsinin payı, (faizlə) [5]

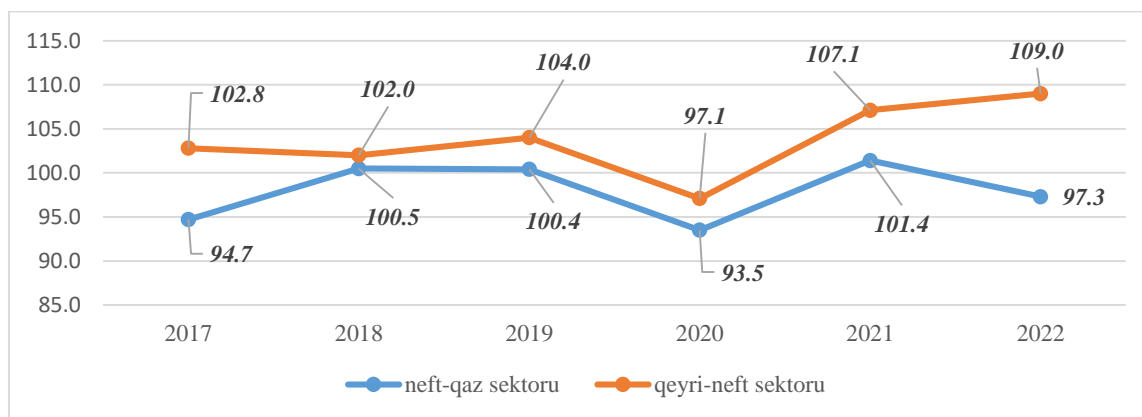
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ümumi daxili məhsul-cəmi	81.2	83.7	83.8	84.7	85.0	80.8	83.5
Sənaye	83.0	87.6	87.9	89.6	89.8	85.6	88.8
Tikinti	84.5	86.8	84.6	80.2	82.9	84.6	87.5
Kənd təsərrüfatı	99.8	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9
Ticarət və xidmətlər	99.6	99.6	99.7	99.8	99.7	99.9	99.7
Nəqliyyat	81.7	82.8	82.4	83.1	83.6	80.1	84.8
Rabitə	81.0	80.5	81.2	82.0	82.4	80.8	81.5
Sosial və sair xidmətlər	57.8	58.0	56.1	56.4	58.2	51.0	52.5

Cədvəl 2- nin məlumatları göstərir ki, sosial və sair xidmətlər istisna olmaqla ÜDM-də digər sahələrdə qeyri-dövlət payının həddi 81%- dən artıqdır. Kənd təsərrüfatı, ticarət və xidmətlər sektorunda isə qeyri-dövlət bölməsinin ÜDM-də payı demək olar ki, 100%-dir. Ölkə iqtisadiyyatının inkişafı baxımından bazar iqtisadiyyatının prinsipləri, xüsusilə də özəl sektorun inkişafı arzuolunandır. Lakin nəzərə almaq lazımdır ki, qeyri-dövlət bölməsinin inkişafı iqtisadi prinsiplərə adekvat olmalıdır. Bu xüsusilə məhsul istehsalı baxımından nəzərə alınmalıdır. Qeyd etdiyimiz kimi son illər ÜDM-də qeyri-dövlət bölməsinin ümumən payı 80%-dən çox təşkil etməsinə baxmayaraq 2017-ci ildə neft-qaz sektorunun ÜDM-də payı 36% təşkil etmişdirsə, bu göstərici 2021- ci ildə 47% qədər yüksəlmişdir. Bununla bağlı cədvəl 3 və şəkil 2- yə nəzər salmaq maraqlı olar. Təhlil üçün götürülən digər illərdə daha yüksək olmuşdur. Dövr ərzində yalnız 2020- ci ildə yalnız bu göstərici cəmi 28% olmuşdur ki, bu da həmin dövrdə qlobal pandemiya əlaqədar olmuşdur. Başqa sözlə, statistik təhlillər onu deməyə əsas verir ki, qeyri-dövlət bölməsinin ÜDM-də xüsusi çəkisi çox olsada məhsul istehsal edir. Belə analoji fikirləri neft-qaz və qeyri-neft sektorları üzrə artım templərinə də deyərək olar. Lakin, məhsul istehsalı üzrə Hirışman-Herfindal indeksini hesablayan zaman aydın olur ki, iqtisadiyyatın mədən-çıxarma sənayesi üzrə təmərgüzləşmə meyilləri vardır.

**Cədvəl 3.** İqtisadiyyatın neft və qeyri-neft bölmələrində ümumi daxili məhsul istehsalı (milyon manatla) [5]

İllər	UDM	qeyri-neft sektoru	xüsusi çəkisi	neft-qaz sektoru	xüsusi çəkisi	məhsula və idxala xalis vergilər	
		Mln. man.	Faizlə	Mln. man.	Faizlə	Mln. man.	Faizlə
2017	70,337.8	40,328.0	57.3	25,005.4	35.6	5,004.4	7.1
2018	80,092.0	41,662.0	52.0	32,231.7	40.2	6,198.3	7.7
2019	81,896.2	44,481.8	54.3	30,051.9	36.7	7,362.5	9.0
2020	72,578.1	45,312.2	62.4	20,417.5	28.1	6,848.4	9.4
2021	93,203.2	51,122.2	54.9	34,501.4	37.0	7,579.6	8.1
2022	133,825.8	61,619.5	46.0	62,340.9	46.6	9,865.4	7.4

Eyni zamanda, neft-qaz sektoru və qeyri-neft sektoru üzrə artım tempinə nəzər saldıqda aydın olur ki, qeyri-neft sektoru üzrə artım tempi daha yüksəkdir.



Şəkil 2. Neft- qaz və qeyri-neft sektoru üzrə artım tempi əvvəlki ilə nisbətən, (faizlə) [2]

Bu baxımdan fikrimcə, ÜDM- nin qeyri-dövlət bölməsinin payına uyğun məhsul istehsalına nail olunması əhəmiyyətli olardı.

ÜDM-nin qeyri-dövlət bölməsində mövcud payına uyğun məhsul istehsalına nail olunmaması düşündürücü olduğu üçün bu sahədə ilk növbədə istehsal sahələri üzrə ümumi buraxılış statistik göstəricisi əsasında HHİ əsasında təmərgüzləşməni aşağıda göstərilən sahələr üzrə hesablamaq əhəmiyyətli olardı.

Cədvəl 4. İstehsal sahələri üzrə ümumi buraxılış [2]

İqtisadiyyatın sahələri	2018	2019	2020	2021
Kənd təsərrüfatı, meşə təsərrüfatı və balıqçılıq	47.2	55.5	73.0	57.5
Mədəncixarma sənayesi	973.9	808.5	463.2	756.0
Emal sənayesi	87.7	104.4	124.4	145.2
Elektrik enerjisi, qaz və buxar istehsalı, bölüşdürülməsi və təchizatı	3.2	3.1	4.7	4.2
Su təchizatı, tullantıların təmizlənməsi və emalı	0.1	0.1	0.1	0.1
Tikinti	151.4	147.8	150.3	98.3
Ticarət; nəqliyyat vasitələrinin təmiri	112.5	120.6	148.5	120.5
Nəqliyyat və anbar təsərrüfatı	45.9	43.5	57.9	57.0
Turistlərin yerləşdirilməsi və ictimai iaşə	6.4	6.9	1.4	1.8
İnformasiya və rabitə	2.9	3.7	4.8	3.5
Maliyyə və sığorta fəaliyyəti	3.0	3.3	3.9	3.2
Daşınmaz əmlakla əlaqədar əməliyyatlar	6.1	7.0	8.5	7.0
Peşə, elmi və texniki fəaliyyət	3.8	4.0	4.4	3.7
İnzibati və yardımçı xidmətlərin göstərilməsi	0.4	0.5	0.6	0.5
Dövlət idarəetməsi və müdafiə; sosial təminat	13.9	16.8	27.5	23.7
Təhsil	6.2	6.8	10.1	8.0
Əhaliyə səhiyyə və sosial xidmətlərin göstərilməsi	2.9	3.4	7.6	4.9
İstirahət, əyləncə və incəsənət sahəsində fəaliyyət	0.6	0.6	0.6	0.6
Digər sahələrdə xidmətlərin göstərilməsi	1.2	1.2	1.2	1.1
Fəaliyyət növləri üzrə (HHI)	1469.3	1337.6	1092.9	1296.9

HHİ indeksi əsasında alınan nəticələr onu göstərir ki, 2019-cu ildə aşağı səviyyədə təmərküzləşmə hiss edilir. Ümumilikdə götürüldükdə isə ölkədə aşağı səviyyədə təmərküzləşmə meylləri hiss edilir. Doğrudur 2020-ci ildə bu göstərici demək olar ki, yox səviyyəsində olsa da fikrimcə, bu həmin dövrdə Covid-19 pandemiyası ilə bağlı olmuşdur.

Cədvəl 4-in məlumatları göstərir ki, ölkədə aşağı səviyyədə inisrarlaşma meylləri əsasən mədəncixarma sənayesi, tikinti, ticarət və nəqliyyat vasitələri üzrə hiss edilir. Beləliklə də aparılan təhlillər əsasında aşağıdakı nəticələrə gəlmək olar.

Ayrı-ayrı ölkələrin təcrübəsi göstərir ki, çağdaş dövrümüzdə milli iqtisadiyyatın inkişafı üçün hazırda artıq inkişaf etmiş ölkələrdə konkret sənaye sahələrinin inkişafına deyil, iqtisadi artımın təmini üçün ilkin şərtlərin formalaşmasına səbəb olan əlverişli biznes mühitinin yaradılmasına, iqtisadiyyatın strukturunun transformasiyasına və bazar uğursuzluqlarının kompensasiyasına yönəlmiş fəaliyyət kimi yanaşmanı əsas götürürlər. Bu da ayrı-ayrı ölkələrdə bir-biri ilə sinkronlaşdırılan müxtəlif iqtisadi siyasətlərin (pul-kredit, büdcə-vergi, rəqabət və s.) təzahürü formasında müəyyənləşdirilir.

**Nəticə.** Qeyri-neft sektorunun möhkəm təməllər üzərində formalaşdırılması vacib məsələlərdəndir. Bunun üçün ilk növbədə informasiya və məsləhət dəstəyinin təmin edilməsi və insan resurslarının inkişafının dəstəklənməsi əhəmiyyətli olardı. Qeyri-neft sektorunun inkişafı baxımından bu sahədə fəaliyyət göstərən işçilər üçün əlavə peşə proqramları üzrə təlim və tədbirlərin keçirilməsi, metodik və elmi-pedaqoji dəstəsin göstərilməsi və eləcə də qeyri-neft sektorunun inkişafı üçün bu sahədə istehsal olunan məhsulların xarici ticarət istiqamətində dəstəklənməsi vacib məsələlərdən hesab edilə bilər.

Eyni zamanda onu da bildirək ki, dövlət iqtisadiyyatın inkişaf baxımından geridə qalan müxtəlif sahələrinin inkişafını stimullaşdırmaq üçün müəyyən dəstələyici addımlar ata bilər. Nəzərə almaq lazımdır ki, təbii sərvətləri bol olan əksər ölkələrdə analoji problemlər yana bilir. Təbii ki, qeyri-neft sənaye sahələrinin stimullaşdırılması üçün ölkə daxilində göstərilən tədbirlərdən biri kimi daxili baxarın qorunması üçün ən geniş yayılmış metodlardan biri kimi proteksionizm siyasəti də həyata keçirilməsi ola bilər.

#### Ədəbiyyat

1. <https://www.oecd.org/>
2. <http://www.hsib.msu.ru/library/oil.html>
3. Chang H.J., Lin J. Should Industrial Policy in Developing Countries conform Comparative Advantage or Defy it? A debate between Justin Lin and Ha-Joon Chang. *Development Policy Review*. N27(5). 2009
4. Vəliyev D.Ə., Əsədov A.M. "Beynəlxalq iqtisadiyyat". Ali məktəblər üçün dərslik, Bakı, "Avropa" nəşriyyatı, 400s. 2012
5. Measuring economic diversification in Hawaii.p.40. February 2008
6. <https://uploads.cbar.az/assets/ca7a4b6c03edafd2d0219a937.pdf>
7. Abbasov İ. Əliyev T. Qeyri-neft sənayesinin iqtisadiyyatı. 501s. Bakı.2017
8. <https://stat.gov.az>

#### References

1. <https://www.oecd.org/>
2. <http://www.hsib.msu.ru/library/oil.html>
3. Chang H.J., Lin J. Should Industrial Policy in Developing Countries conform Comparative Advantage or Defy it? A debate between Justin Lin and Ha-Joon Chang // *Development Policy Review*. N27(5). 2009
4. Valiyev D.A., Asadov A.M. "Beynəlxalq iqtisadiyyat". Ali məktəblər üçün dərslik, Bakı, "Avropa" nəşriyyatı, 400 s. 2012
5. Measuring economic diversification in Hawaii.p.40. February 2008
6. <https://uploads.cbar.az/assets/ca7a4b6c03edafd2d0219a937.pdf>
7. Abbasov İ.; Aliyev T. Qeyri-neft sənayesinin iqtisadiyyatı. 501s. Bakı. 2017
8. <https://stat.gov.az>

*Məqaləyə istinad: Aslanova T.T., Fətahova N.R. Azərbaycanca qeyri-neft sektorunun inkişafını şərtləndirən bəzi amillər. Elmi Əsərlər jurnalı. AzMİU, s. 230- 235, N2, 2023*

*For citation: Aslanova T.T., Fətahova N.R. Some factors determining the development of the non-oil sector in Azerbaijan. Journal of Scientific works/ Elmi eserler. AzUAC, p. 230- 235, N2, 2023*

## BANKLARIN KREDİT XİDMƏTİNİN TƏŞKİLİ

**Quliyeva Cahan Niftali qızı**- müəllim, İqtisadi nəzəriyyə və marketinq kafedrası, AzMIU,  
cahan.quliyeva0901@mail

**Xülasə.** İstehsalın fasiləsizliyinin təmin edilməsində, pul dövriyyəsinin və onun hərəkətinin tənzimlənməsində, eyni zamanda geniş təkrar istehsalın mliyyələşdirilməsində kredit sistemi böyük əhəmiyyətə malikdir. Təqdim edilən məqalədə kommersiya banklarının təşkili qaydaları ilə bərabər, müasir şəraitdə onların fəaliyyətlərinin xüsusiyyətləri öz əksini tapıb. Müasir banklar tərəfindən tətbiq edilən əməliyyatlar və göstərilən xidmətlər, xüsusilə əmanət və depozitlərin banklara cəlb edilməsi, müxtəlif kredit xidmətlərinin göstərilməsi, valyuta bazarı və valyuta əməliyyatları, qiymətli kağızlarla əməliyyatlar, lizinq, trast, faktoring əməliyyatları, nağd və nağdsız hesablaşmaları, kassa əməliyyatları və s. əməliyyat və xidmətlərin təşkili və tətbiqi qaydaları və xüsusiyyətlərinin ətraflı qeyd edilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

**Açar sözlər:** fondların dövrəni, pul vəsaiti, depozit, cari hesab, xarici kredit

## ORGANIZATION OF BANKS CREDIT SERVICE

**Guliyeva Jahan Niftali**- lecturer, department of Economic theory and marketing, AzUAC,  
cahan.quliyeva0901@mail.ru

**Summary.** The credit system is of great importance in ensuring the continuity of production, regulating money circulation and its movement, as well as in financing extensive reproduction. In the presented article, along with the rules of organization of commercial banks, the characteristics of their activities in modern conditions are reflected. The operations and services provided by modern banks, especially the attraction of savings and deposits to banks, the provision of various credit services, the foreign exchange market and currency operations, transactions with securities, leasing, trust, factoring operations, cash and non-cash settlements, cash operations, etc. It is important to note in detail the rules and features of the organization and application of operations and services.

**Keywords:** circulation of funds, currency, deposit, current account, foreign loan

**Giriş.** Kredit latın sözü olub “kreditium” sözündən götürülüb. Mənası ssuda, borc, nisyə vermiş pul və ya əmtəə deməkdir. Ümumiyyətlə, əmtəə-pul münasibətlərinin, çoxmülkiyyətçiliyin mövcudluğu və müəssisələrin istehsal fondlarının dövrəni və dövriyyəsinin xarakteri bir iqtisadi kateqoriya kimi krediti zəruri edir. Bildiyimiz kimi, məhsulların istehsalı və satışı prosesində pul vəsaitinin əldə edilməsi və onların istifadə olunması eyni vaxta düşür. Buna görə də müəssisələrin bir qrupunda müvəqqəti sərbəst pul vəsaiti toplanır, həmin dövrdə müəssisələrin digər qrupunun həmin sərbəst vəsaitinə ehtiyacı olur. Buradan da kredit və kredit sisteminin mövcudluğu üçün iqtisadi şərait yaranır.

Kommersiya banklarının fondlarının bir hissəsi daim pul formasında, digər hissəsi isə daim material forması ehtiyatında olur. Bankların dövriyyədə olan pul vəsaitlərinin həcmi həmin dövrdə material ehtiyatları almaq üçün kifayət etmir. Bəzən bir çox müəssisələrin material ehtiyatı almaq üçün pulu olmur. Həmin dövrdə digər müəssisələrin isə müvəqqəti artıq pul vəsaitləri olur. Pul vəsaitinə olan yüksək tələbatın cari pul gəlirləri ilə ödənilə bilməməsi istehsal prosesinin uzunmüddətli olmasından irəli gəlir. Məsələn, kənd təsərrüfatında istehsal xərcləri I və II kvartallardan çəkilir, tədarük isə III kvartalda olur. Məhsul satanla, məhsul alanın həddən artıq uzaqda yerləşməsi də məhsul satanın pulunun gec daxil olmasına səbəb olur, mövsümi istehsal və mövsümi tədarük posesində də əlavə pul vəsaitinə ehtiyac yaranır.

Müəssisələr fondların üç mərhələdən keçən dövriyyəsinə başa vurduqdan sonra, istehsal prosesi başa çatdıqdan sonra hazır məhsulu satıb əmtəə formasından pul formasına çevirirlər. Son nəticədə satışdan əldə edilən pulun bir hissəsini məhsul istehsalına çəkilən xərclərin ödənilməsinə sərf edirlər. Digər hissəsi isə müəssisələrin sərəncamında qalır və yavaş-yavaş istehsalın genişlənməsinə sərf edilir. Həm də genişlənməyə sərf edilib qurtarana qədər müəyyən müddət müvəqqəti sərbəst qalır. Elə həmin bu müvəqqəti sərbəst qalan pul vəsaiti həmin vaxtda ehtiyacı olan digər müəssisələrə kredit kimi verilə bilər. Əlbəttə, kredit mənbələri təkcə əmanət və ehtiyatlardan ibarət deyil, başqa mənbələrdə də mövcuddur. Bankın kredit kimi verdiyi pulun mənbəyi birinci növbədə özünün nizamnamə fondu, müəssisə, idarə, təşkilat, firma, assosasiya, kommersiya təşkilatlarının və əhalinin geri qaytarılmaq şərti ilə banklarda müvəqqəti saxlanılan pul vəsaitləridir. Bundan başqa, banklar əsas vəsaitləri, amortizasiya fondları, dövlət büdcəsinin və sığorta fondlarının vəsaitləri, qiymətli kağızların (səhm, istiqraz, əmanət sertifikatları və s.) satışından və özəlləşdirmə nəticəsində banklarda toplanılan pullardan kredit verilməsində istifadə edilir.

Kreditin bir sıra formaları vardır. Bunlar bank krediti, veksəl krediti, istehsal krediti, dövlət krediti, beynəlxalq kredit, ipoteka kreditləridir. Ən geniş yayılan isə bank kreditidir. Bank kreditinin üç növü fərqləndirilir: Qısamüddətli kredit- bu bir ilə qədər müəssisə və bankların dövriyyə vəsaitlərinin tamamlanmasına verilir. Belə ki, istehsalın fasiləsiz davam etdirilməsi üçün xammal, material, yanacaq və s. alınması üçün, gecikdirilmiş əmək haqqının vaxtında verilməsi üçün kommersiya bankları yeddi gündən bir il müddətinə qısa müddətli kreditlər verirlər. Orta müddətli kredit iki-üç il müddətinə, bəzi hallarda beş il müddətinə əsasən istehsalın texniki cəhətdən qurulmasına, avadanlıqların təzələnməsi və modernləşməsinə, yeni texikanın və texnologiyanın tətbiqinə və s. verilir.

Banklar əmanətləri qəbul edərkən faiz öhdəlikləri kimi, kredit verdikdə faiz alırlar. Ona görə də banklar yığıqları pulları dövriyyəyə buraxmalı və qazanc (faiz) götürməlidir. Əgər bu yığılan vəsaitlər istifadəsiz qalarsa bank tezliklə iflasa uğrayar və əmanətə topladığı pulların haqqını (faizini) ödəyə bilməz. Məhz buna görə də banklar əmanətə yığıqları pulları gərək kreditə verib faiz alsın, daha doğrusu satsın. Banklar adətən pul alveri ilə məşğuldurlar. Həmin vəsaitləri kommersiya bankları həm topdansatış kredit bazarında və həm də pərakəndə satış bazarında sata bilərlər. Topdansatış kredit bazarı dedikdə, adətən banklararası kredit nəzərdə tutulur. Bankların vəsaitləri artıqlıq etdikdə, müəssisə və kommersiya təşkilatlarına kredit kimi verə bilmədikdə bu vəsaitləri ehtiyacı olan digər banklara satırlar, yəni faizi ilə kredit verirlər. Pərakəndə satış bazarı isə bir başa müştərilərə, yəni müəssisələrə, firma və assosiasiyalara, şirkətlərə, kəndli-fermer təsərrüfatlarına kredit kimi verirlər. Kredit bazarında kreditlərin faizinin müəyyən edilməsi çox vacib məsələlərdən biridir. Adətən kommersiya bankları əmanətlərə faiz verib, verdikləri kreditə görə yüksək faiz alırlar. Daha doğrusu, banklar pul vəsaitlərini aşağı qiymətə alır və daha yüksək qiymətə sataraq gəlir əldə edirlər. Faizlər müxtəlif amillərin təsiri altında – tələb və təklifin səviyyəsinə görə uyğun olaraq müəyyən olunur. Müxtəlif ölkələrdə verilən kredit üzrə faiz dərəcələri müxtəlifdir.

Azərbaycan Respublikasında bankların işində kredit xidmətlərinin əsas yer tutmasına baxmayaraq, əmanətlərin banklara cəlb edilməsi prosesi hələlik zəifdir. Banklara əmanət və depozitlərin cəlb edilməsini artırmaq üçün bir sıra stimullaşdırıcı tədbirlər görülməli və xalqda inam yaradılmalı, əmanətin vaxtında və tam qaytarılmasına təminat verilməlidir. Bunun üçün banklarda sığorta və ehtiyat fondları yaradılmalı, əmanətlər itkiyə və infilyasiya nəticəsində azalmaya məruz qalarsa, həmin fondlar hesabına bərpa olunmalıdır, xarici ölkələrdə olduğu kimi. İndi bizim ölkədə də əmanətlərin sığortalanması prosesinə başlanmışdır Hazırda 30 min manata qədər olan əmanətlər sığortalanır.

Mərkəzi Bankların ən vacib xidmətlərindən biri də pul hesablaşmalarının təhlilidir. Hesablaşma və tədiyyə mexanizmi bazar iqtisadiyyatının ən vacib ünsürlərindəndir. Mülkiyyət müxtəlifliyi və istehsal-ticarət sərbəstliyi şəraitində pul vəsaitlərinin vaxtında və düzgün bankın xidmət etdiyi müəssisələrin hesabına köçürülməsi həm vacibdir, həm də mürəkkəb məsələdir. Burada iş iki istiqamətdə aparılmalıdır. Həm hesablaşma sistemi düzgün qurulmalı, həm də borcların hüquqi formalaşmasının və ödəmələrin sonsuz və vaxtında həyata keçirilməsi təmin olunmalıdır.

Ümumiyyətlə, banklarda pul dövriyyəsi nəgd və qeyri nəgd formada həyata keçirilir. Yəni pul dövriyyəsinin 91 faizi nəgdsiz formada banklarda hesabdən-hesaba köçürmə qaydasında aparılır. Əhali ilə hesablaşmalar adətən nəgd formada, qismən də qeyri-nəgd formada aparılır. Dövlət müəssisələri, ictimai və kooperativ təşkilatlar arasında hesablaşmalar adətən nəgdsiz formada, xırda ödənişlər isə nəgd formada aparılır.

Müəssisə, idarə, təşkilat, firma və şirkətlərin xüsusi və cəlb edilmiş pul vəsaitləri mütləq banklarda saxlanılır. Xırda cari xərcləri ödəmək üçün az miqdarda pul müəyyən limit daxilində müəssisələrin kassasında saxlanılır. Müəssisə və təşkilatların pullarını bankda saxlamaq və qeyri-nəgdsiz əməliyyatları aparmaq üçün onların ərazisinə əsasən onlar üçün banklarda hesablaşmalar hesabı, cari hesab, büdcə hesabı və s. hesablar açılır. Bankda açılan həmin hesab növləri, müəssisə və təşkilatların fəaliyyətinin xarakterindən və banklarda toplanmış pul vəsaitlərinin təyinatından asılıdır. Bankda açılan hesablar içərisində əsas yeri hesablaşma hesabı və cari hesablar tutur. Bu iki hesabdən bankda biri olduqda digər hesabların da açılmasına icazə verilir. Hesablaşma hesabı xüsusi dövriyyə vəsaiti və sərbəst balansı olan təsərrüfat hesablı müəssisə, birlik, təşkilat, firma və şirkətlərə açılır. Cari hesab isə təsərrüfat hesabında olmayan idarə və təşkilatlar üçün açılır. Bunlara partiya, həmkarlar və ictimai təşkilatlar aiddir. Büdcə hesabları isə büdcədən maliyyələşən idarə və təşkilatlar üçün açılır. Bankda hesablaşma və cari hesabları açmaq üçün müəssisə, idarə, birlik, özəl qurumlar və s. yaradılmasını və fəaliyyət göstərməsini təsdiq edən sənədlər, təsdiq edilmiş nizamnamənin surəti, imza və möhür nüsxələrinin kartoçkası ərizə ilə birlikdə banka təqdim edilməlidir. Bankda açılmış bu hesablardan haq-hesablar adətən, nəgdsiz formada aparılır. Respublikamızda nəgdsiz hesablaşmaların formaları Mərkəzi Bank tərəfindən müəyyən edilir. Alıcı və satıcı arasında bağlanmış müqavilədə bu hesablaşma formalarından ancaq biri göstərilir. Hazırda komməriya bankları tərəfindən tətbiq edilən hesablaşmaların konkret formaları bunlardır: ödəniş tələbnaməsi, ödəniş tapşırığı, hesablaşma çekləri və akkretivləridir. Bunlardan başqa son zamanlar elektron hesablaşma və ödəniş kartlardan geniş istifadə edilir.

Mərkəzi bankların maliyyəsinin təşkilinə müxtəlif amillər təsir göstərir. Bunları iki qrupa bölmək olar: a) təsərrüfatçılığın təşkili- hüquqi formaları; b) sahənin texniki – iqtisadi xüsusiyyətləri ilə əlaqədar olan amillər. Təsərrüfatçılığın təşkili- hüquqi formaları bazar iqtisadiyyatına keçidlə əlaqədar respublikadakı təsərrüfat subyektlərinin hüquqi vəziyyətində ciddi dəyişiklik etmiş, Konstitusiya tərəfindən müəyyən olunur. Mövcud qanunlara əsasən hüquqi şəxs kimi o təşkilat tanınır ki, onun mülkiyyətində əmlakı, bankda hesabı və möhürü olsun və qanun dairəsində ona cavabdeh ola bilsin. Bu şərtlə ki, o öz adından həmin əmlaka dair hüququnu həyata keçirə, onunla əlaqədar müəyyən vəzifə yerinə yetirə, məhkəmədə iddiaçı və yaxud cavabdeh kimi çıxış edə bilər. Adətən, hüquqi şəxs kimi müxtəlif təsərrüfat müəssisələri, təşkilat və cəmiyyətləri, istehsal kooperativləri, dövlət və bələdiyyə müəssisələri və s. çıxış edirlər. Maliyyə münasibətləri təsərrüfat subyektinin nizamnamə kapitalı formalaşdığı vaxtdan etibarən meydana gəlir. Bu andan başlayaraq həmin kapital iqtisadi cəhətdən təsərrüfatçı subyektin əmlakı sayılır. Beləliklə, təsərrüfatçılığın təşkili- hüquqi forması onunla əlaqədar meydana gələn maliyyə münasibətlərinin xüsusiyyətlərini müəyyənləşdirmək olur.

Bankların işində kredit xidmətlərinin əsas yer tutmasına baxmayaraq, əmanət və depozitlərin banklara cəlb edilməsini artırmaq üçün bir sıra stimullaşdırıcı tədbirlər görülməli və xalaqa inam yaradılmalı, əmanətlərin vaxtında və tam qaydada qaytarılmasına təminat verilməlidir. Bunu üçün banklarda sığorta və ehtiyat fondları artırılmalı, əmanətlər itkiyə və inflyasiya nəticəsində azalmaya məruz qalarsa, həmin fondların hesabına bərpa olunmalıdır, inkişaf etmiş ölkələrdə olduğu kimi. Əmanətlərin çoxalması ilə bankların kredit potensialı daha da artar və nəticədə sosial-iqtisadi inkişaf sürətlənər və onun səmərəliliyi daha da yüksələr.

Bankalar tərəfindən verilən kreditlərin ölkə üzrə qruplaşdırılmasının təhlili göstərir ki, 2006-cı ilə qədər Azərbaycanda verilən kreditlərin investisiya məqsədlərinə yönəldilən hissəsi nisbətən az olmuşdur. Yəni o dövrdə verilən kreditlərin səksən yeddi faizi qısa müddətli kreditlərdir və bu kreditlər investisiya məqsədlərinə deyil, xidmət və ticarət sahələrinə yönəldilmişdir. Verilən kreditlərin əsas hissəsi uzunmüddətli olsaydı və investisiya məqsədlərinə yönəldilsəydi daha çox iri müəssisələr yaradılardı, məhsul istehsalı sürətlə artardı və yeni iş yerləri açılardı, səmərəlilik daha da

çoxalardı. Yeni təsərrüfatçılıq formalarına keçid şəraitində ictimai istehsalın səmərəliliyinin yüksəldilməsində əsas vasitələrdən biri olaraq kreditin rolu və əhəmiyyəti daha da artır. Dünya təcrübəsi göstərir ki, kreditlərdən geniş istifadə edən ölkələr sürətlə inkişaf edir, istehsalın səmərəliliyini sürətlə artırır. Lakin yuxarıda qeyd edilən səbəblər üzündən son zamanlara kimi Azərbaycanda subyektiv və obyektiv səbəblər üzündən kreditdən tam səmərəli istifadə olunmurdu. Belə ki, o zaman həm kredit verənlərin, həm də kredit alanların imkanları məhdud idi. Ona görə ki, banklar kiçik və kredit almaq istəyənlərin girov qoymaq imkanları məhdud idi. Buna görə sahibkarların bir hissəsi kredit almaqdan imtina edirdi. Belə hallar isə kreditin və istehsalın səmərəliliyinin yüksəldilməsini məhdudlaşdırırdı. Ona görə də səkkiz-doqquz il bundan əvvəl dövlətimiz xarici kreditlərdən geniş istifadə edirdi. O zaman respublikamızın xarici kreditlər üzrə borcu ümumi daxili məhsulun on dörd, on beş faizini təşkil edirdi. Xarici borcun ümumi daxili məhsuldakı xüsusi çəkisi 47 faizdən çox olanda hər hansı bir ölkə üçün təhlükə yaranır. Xoşbəxtlikdən ölkəmizin aldığı kreditlər üzrə borcu bu təhlükə həddindən xeyli aşağı idi, həm də xarici kreditlərin çox hissəsi beynəlxalq maliyyə-kredit təşkilatlarından alınır və onlar orta hesabla 2,8 faizli idi. Xarici kreditlər Azərbaycan kommertiya bankları tərəfindən verilən daxili kreditlərə nisbətən həm uzunmüddətli, həm də ucuz, yəni aşağı faizli idi. Azərbaycan Milli Bankının milli valyuta ilə banklara verdiyi kredit 16 faizli, kommertiya banklarının təsərrüfatlara verdikləri uzunmüddətli kreditlər 27-32 faiz idi, halbuki xarici ölkələr və beynəlxalq maliyyə-kredit təşkilatları tərəfindən ölkəmizə kömək məqsədilə verilən uzunmüddətli xarici kreditlər xeyli ucuz faizli idi. Məsələn, Beynəlxalq Valyuta Fondundan on iki, on altı il müddətinə alınmış kreditlər 4,6 faizli, Avropa İnkişaf və Yenidənqurma Bankından 1,7 faizli, Dünya Bankından otuz yeddi ilə alınmış kreditlər 0,86 faizli idilər. Həmin kreditlər yeni obyektlərin yaradılmasına və nəqliyyat yollarının inkişafına sərf edildi və yaxşı səmərə verdi. Belə ki, Şəmkir rayonunda Yenikənd su elektrik stansiyasının tikintisi üçün Almaniyadan aşağı faizli əlli beş milyon dollar kredit alınmışdı. Bu kredit hesabına həmin stansiya tikilib qurtarıb, artıq işləyir və enerji verir. Yaponiyadan 0,96 faizlə alınmış kredit hesabına Bakıda istilik-yanacaq elektrik stansiyası yenidən qurulub və istifadəyə verilib və s.

2000-ci ilə qədər Azərbaycan xarici və daxili kreditlər, büdcə maliyyələşməsi və sahibkarların investisiya qoyuluşları hesabına sosial-iqtisadi vəziyyəti xeyli yaxşılaşdırdıqdan sonra xarici kreditlərdən istifadəni azaltmış və daxili kreditlərdən istifadəyə üstünlük vermişdir. Həm də beynəlxalq maliyyə-kredit təşkilatları Azərbaycanın iqtisadi imkanları genişləndiyinə görə ucuz və güzəştli kreditlərin verilməsini xeyli azaltmışdır. Artıq Azərbaycanda elə bir şərait yaranmışdır ki, xaricdən kredit alan ölkədən bəzi xarici ölkələrə kredit verən ölkəyə çevrilmişdir, xaricdə obyektlər yaradır və səmərəli aktivlər əldə edir. Hazırda Azərbaycan bir tərəfdən xaricdən kredit almağa davam edir, digər tərəfdən isə alınmış kreditlər üzrə vaxtı çatmış borcların ödənilməsinə dövlət büdcəsindən xeyli vəsait xərcləyir. Belə olan halda xarici kreditlərdən səmərəli istifadə mexanizminin yaradılması hökumətin xüsusi diqqət mərkəzində olmuş, iqtisadi siyasətin əsas istiqamətindən birinə çevrilmişdir. Həm də indən belə Azərbaycan xaricdən qısamüddətli, həmçinin güzəştli olmayan orta və uzunmüddətli kreditlərin alınmasına son qoymalıdır. Ona görə də əvvəla Azərbaycanın maliyyə imkanları genişlənilib, digər tərəfdən güzəştli olmaya kreditlərin faizi (qiyməti) yüksək olur, qısamüddətli kreditlər isə istehsal deyil, tədavi dairəsinə xidmət edir. Müasir dövrdə bizə istehsalı, xüsusilə qeyri-neft sektorunu genişləndirmək lazımdır ki, həm məhsul bolluğu yaradılsın, həm də daha çox iş yerləri açılsın.

Xaricdən alınmış kreditlərin təhlili göstərir ki, həmin kreditlərdən yeni istehsal sahələrinin yaradılmasında və ölkənin valyuta ehtiyatlarının formalaşmasına yönəldilən hissəsindən düzgün istifadə olunmuşdur. Milli Bank xarici kreditlər hesabına həm də ölkənin valyuta ehtiyatlarını idarə edərək likvidlər, təhlükəsizlik və səmərəliliyi rəhbər tutmuşdur. Ölkənin valyuta ehtiyatları dünyanın ən yüksək reytingli banklarına depozitlərə yerləşdirməklə daha da artırılır. Ümumiyyətlə, bank krediti ictimai təkrar istehsalın fasiləsizliyinə kömək etməklə yanaşı istehsalın genişləndirilməsini pul vəsaiti ilə təmin etməyin çox böyük mənbəyi olub, əsaslı vəsait qoyuluşlarının səmərəliliyini yüksəltməyin fəal və təsirli vasitəsidir. İşləməkdə olan müəssisələrin yenidən qurulması və genişləndirilməsinə, avadanlıqların modernləşməsinə və yeni texnikanın tətbiq olunması və istehsal texnologiyalarının yaxşılaşdırılmasına çəkilən xərclərin xeyli hissəsi kreditin

hesabına təşkil edilir. Kredit məssisələrdə və xalq təsərrüfatının müxtəlif sahələrində əlavə vəsaitə yaranan tələbatı pul ehtiyatları ilə təmin edərək, ictimai təkrar istehsala xidmət edir.

2012-ci ildə ölkəmizin bank-kredit təşkilatları tərəfindən hüquqi və fiziki şəxslərə verilmiş kreditlərin həcmi 2008-ci il ilə müqayisədə 9,1 faiz və ya 766,8 milyon manat artaraq 9,1 milyard manata çatmışdır. Kredit qoyuluşlarının 41,7 faizi dövlət, 56,4 faizi özəl banklar, 3,2 faizi qeyri-bank kredit təşkilatları tərəfindən həyata keçirilmişdir. Verilmiş kreditlərin 73 faizini uzunmüddətli kreditlər təşkil etmiş, 6,3 faizinin ödəmə vaxtı keçmişdir.

2011-ci il yanvar ayının birinə olan məlumatlara görə əhalinin banklardakı əmanətlərinin məbləği dörd milyard manat təşkil edərək əvvəlki ilin eyni dövrü ilə müqayisədə 28,9 faiz artmışdır. Bu isə onu göstərir ki, Azərbaycan banklarının kredit vermək imkanları genişlənməmişdir. İqtisadiyyatımızın bütün sahələrinin inkişafı üçün sahibkarlığın inkişafına milli kömək fondu vasitəsilə verilən güzəştli (8-9 faizlə) kreditlər regionların sürətlə inkişafında böyük rol oynayır.

**Nəticə.** “Azərbaycan Respublikasında Kredit sisteminin təşkili xüsusiyyətləri” mövzusunun araşdıraraq aşağıdakı nəticəni qeyd etmək olar:

1. Azərbaycan Respublikasının bank sistemi bazar iqtisadiyyatının tələblərinə cəsarətlə uyğunlaşdırılır;

2. Azərbaycanda qabaqcıl ölkələrin təcrübəsində sınaqdan keçmiş kreditin bütün növlərindən və onların funksiyalarından geniş və düzgün istifadə edilir;

3. Respublikamızda həm daxili, həm də xarici bankların yaradılıb fəaliyyət göstərməsi üçün 10 milyon dollarlıq nizamnamə fondunun yaradılması tələb olunur. Bu limiti təmin etməyən bankların fəaliyyəti dayandırılır və yenisinin açılmasına icazə verilmir. Xarici təsisçilərin imkanları geniş olduğuna görə bu limitin öhdəsindən asanlıqla gəlirlər, Milli komməriya bankları isə yox. Ona görə də Milli komməriya banklarının son 3-4 ildə təxminən iyirmi iki mininin fəaliyyəti dayandırılıb. Bizə belə gəlir ki, Respublikamızın Mərkəzi Bankı tərəfindən elə bir optimal variant işlənilib hazırlanmışdır ki, həm milli banklar, həm də yüksək kapitalla və texnologiyaya malik xarici banklar bir-birini sıxışdırıb ləğv etmədən hər ikisi normal fəaliyyət göstərsinlər.

4. Azərbaycanda hələlik iri sənaye müəssisələrinin bir qismi işləmir. Ona görə ki, istehsal texnikası və texnologiyası fiziki və mənəvi cəhətdən köhnəlib. Belə texnika ilə istehsal olunan məhsullar baha və keyfiyyətsiz başa gəldiyinə görə satılmır. Yeni texnikanın alınması üçün isə vəsait məhduddur. Ona görə də dünya təcrübəsində geniş yayılan lizinqdən, yəni müasir texnikanı icarəyə götürüb haqqını uzun müddətə, həm də bank krediti hesabına ödəmək üsulundan istifadə etmək lazımdır.

5. Dünya praktikasında lizinqin 12-dən artıq növündən istifadə edilir. İnvestisiya qoyuluşunun əsas hissəsi, istehsalın ən müasir texnika və texnologiya ilə təchizi bu növlərdən istifadə əsasında təmin edilir. Bizim ölkəmizdə də bu növlərdən geniş istifadə edilsə daha yaxşı nəticələr əldə edilir.

6. Banklara vəsait cəlb etməyin, kredit ehtiyatı yaratmağın, nəhayət çoxlu gəlir götürməyin yollarından biri də balansdan kənar əməliyyatlardır. Təhlil göstərir ki, ölkəmizin komməriya bankları bu əməliyyatlardan, xüsusilə yeni yaranan digər banklara, məssisə və təşkilatlara, firma və şirkətlərə broker, agent, məsləhətçi, zəmanətçi, nou-hau kimi xidmətləri zəif təşkil etmişlər.

7. Dünya təcrübəsində trast əməliyyatları geniş yayılıb. Lakin bizdə bu xidmət növünün hüquqi bazası zəif olduğuna görə hələlik çox geniş yayılmayıb.

8. Qeyri-nəğd hesablaşmaların, ödəniş tələbnaməsi (aspekt) aparılması formasında ödəniş səbəblərinin banklararası dövriyyəsi çox uzun çəkir. Sənədlərin müddətini ya qısaltmaq, ya da onu başqa hesablaşma forması ilə əvəz etmək daha yaxşı olardı.

9. Respublika əhalisi öz əmanətlərinin təxminən 70 faizini ölkədə fəaliyyət göstərən xarici banklara, ancaq 30 faizini milli banklara qoyurlar. Elə şərait yaratmaq lazımdır ki, əmanətlərin əksəriyyəti milli banklarda yerləşdirilsin.

10. Əhalinin milli banklara qarşı inamsızlığını aradan qaldırmaq üçün banklara qoyulan əmanətlərə zəmanəti Respublika Mərkəzi Bankının verməsini, sığortalanmasını və komməriya banklarına həvalə edilməsi məsləhət bilinir.



**Ədəbiyyat**

1. В.М.Радинова. Финанцы. 1992
2. К.Джей, М.Джон, Т.Сигал. Финанцовой менеджмент. 1996
3. Дж.В.Хром. Основы управления финанции. 1996
4. Aliyev İ.H., İbayeb. Ş. Azərbaycan iqtisadiyyatı. 1998
5. Həsənov Ə.P., Əliyev R.Ə. Müəssisənin təsərrüfat fəaliyyətinin təşkili, planlaşdırılması və idarə edilməsi. 1998
6. Sənaye iqtisadiyyatı. Dərslik, 2000
7. O.Məmmədli. İqtisadi nəzəriyyə. Dərs vəsaiti. Gəncə, 2004
8. Ümumi iqtisadi nəzəriyyə. Dərslik, 2006

**References**

1. V.M.Radinova. Financy. 1992
2. K.Dzhej, M.Dzhon, T.Sigal. Financovoj menedzhment. 1996
3. Dzh.V.Hrom. Osnovy upravlenii financii. 1996
4. Aliyev I.H., İbayeb. S. Azerbaijan iqtisadiyyatı. 1998
5. Hasanov A.P., Aliyev R.A. Muessisenin teserrufat fealiyyetinin teshkili, planlashdirilmasi ve idare edilmesi. 1998
6. Senaye iqtisadiyyatı. Derslik, 2000
7. O.Mammadli. İqtisadi nezeriyye. Ders vesaiti. Ganja, 2004
8. Umumi iqtisadi nazariyye. Derslik, 2006

*Məqaləyə istinad: Quliyeva C.N. Bankların kredit xidmətinin təşkili. Elmi əsərlər/ Scientific works, AzMIU, s.236- 241, N2, 2023*

*For citation: Guliyeva J.N. Organization of banks credit service. Scientific works/ Elmi eserler. AzUAC, p.236- 241, N2, 2023*

## NƏQLİYYAT SEKTORUNDA KONTEYNERLƏŞDİRMƏNİN TEXNOLOJİ PROBLEMLƏRİ

**Həmidov Namiq Raqif oğlu**- t.e.n., baş müəllim, AzMİU, namikhamidov@gmail.com

**Xülasə:** Məqalə müəllifi malların bütün nəqliyyat növləri ilə daşınması üçün dünyanın müxtəlif yerlərində fəal istifadə olunan konteyner yük daşımaları mövzusunda müraciət edir. Konteyner yük daşımaları hər hansı bir böyük logistika şirkətinin ayrılmaz hissəsinə çevrilmişdir, çünki bu növ malların çatdırılması geniş çeşidli problemləri həll etməyə imkan verir. Konteynerlər limanlarda və köçürmə bazalarında artma işləri zamanı xidmət işçilərinin təhlükəsizliyini təmin edir, həmçinin hava şəraitindən və mümkün fors-majör vəziyyətlərindən asılı olmayaraq yüklərin təhlükəsizliyini təmin edir. Bu məqalədə konteyner daşımalarının problemlərinin analitik icmalı hazırlanmış və onların həllinin mümkün yolları təklif edilmişdir. 2013-2023 - ci illər üçün konteyner köçürmələrinin həcmnin statistik məlumatları təhlil edilmiş, yüklərin konteynerləşdirilməsinin əsas üstünlükləri verilmiş, konteyner növlərinin təyinatından asılı olaraq təsnifatı qurulmuşdur.

**Açar sözlər:** Logistika, nəqliyyat, konteynerləşdirmə, yük daşınması, multimodal nəqliyyat

## TECHNOLOGICAL PROBLEMS OF CONTAINERIZATION IN THE TRANSPORT SECTOR

**Hamidov Namiq Raqif**- tech.in sc., senior lecturer, AzUAC, namikhamidov@gmail.com

**Abstract:** The author of the article addresses the topic of container cargo transportation, which is actively used in different parts of the world for the transportation of goods by all types of transport. Container cargo transportation has become an integral part of any large logistics company, since the delivery of this type of goods allows you to solve a wide range of problems. Containers ensure the safety of service personnel during increment work at ports and transfer bases, and also ensure the safety of cargo regardless of weather conditions and possible force majeure situations. This article has developed an analytical review of the problems of container transportation and proposed possible ways to solve them. The statistical data of the volume of container transfers for 2013-2023 were analyzed, the main advantages of containerization of cargo were given, and the classification of container types depending on their purpose was established.

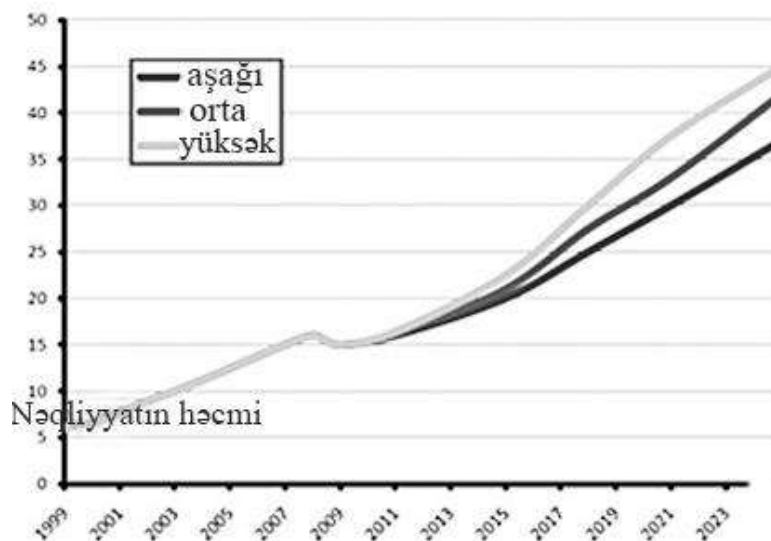
**Keywords:** logistics, transport, containerization, cargo transportation, multimodal transportation

**Giriş.** Nəqliyyat texnologiyalarının təkmilləşdirilməsi malların yüksək keyfiyyətli və vaxtında çatdırılmasının əsas vəzifələrindən birinin həllini təmin etməli olan nəqliyyat xidmətlərinin keyfiyyətini artırmadan mümkün deyil. Bu məqsədə çatmaq, birincisi, yalnız müxtəlif nəqliyyat növlərinin qarşılıqlı əlaqəsi, ikincisi, nəqliyyat xidmətlərinin konteynerləşdirilməsinin tətbiqi ilə mümkündür, çünki bu, nəqliyyat proseslərinin inkişafı və optimallaşdırılmasının ən mütərəqqi sahələrindən biridir. Bundan əlavə, konteynerləşdirmə nəqliyyat qiymətini azaltmağa imkan verir və bu, bazar iqtisadiyyatının artan rəqabəti şəraitində çox vacibdir. Yüklərin konteynerləşdirilməsi nəqliyyat prosesinin çox diapazonunu da təmin edir (yüklərin bir nəqliyyat növündən digərinə daşınması imkanı).

Hal - hazırda daha çox böyük və kiçik şirkətlər konteyner xidmətlərindən istifadə edərək geniş çeşidli nəqliyyat xidmətləri təqdim edirlər müvafiq olaraq müxtəlif logistika zəncirlərinin formalaşmasına, ekspert qiymətləndirmələrinə görə, dünyada konteynerləşmə səviyyəsi quru yüklərin daşınmasının orta hesabla 50-60% - ni, bir sıra Avropa limanlarında isə konteynerləşmə 90%- dən çoxdur.

Analitiklərin fikrincə, uzaq perspektiv baxımından Asiya ilə Avropa arasında yük dövriyyəsinin əhəmiyyətli dərəcədə genişləndirilməsi planlaşdırılır, bu, ölkələrin iqtisadiyyatının iqtisadi böhrandan sonra bərpa olunması və bununla da bütün ölkələrdə ixrac və idxala tələbatın artması ilə əlaqədardır. Müvafiq olaraq, 1999-2022-ci illər üçün konteyner daşımalarının həcminin proqnozlaşdırılan artımı ildə təxminən 8%, 2020-2023-ci illər üçün isə əhəmiyyətli dərəcədə azalmayacaq və 5,5-6% təşkil edəcək [1].

Nəqliyyat prosesinin konsolidasiyasına və nəticədə konteyner dövriyyəsinin artmasına səbəb olan nəqliyyat. 1999-2023-ci illər üçün konteyner dövriyyəsi cədvəli şəkl.1. təqdim edilib.



Şəkil 1. Konteyner daşımalarının həcmində artım cədvəli [1]

Konteynerləşdirmənin nəqliyyat prosesinə tətbiqi həm də sifarişçilər tərəfindən irəli sürülən ən vacib tələblərdən birini uğurla yerinə yetirməyə imkan verir - yükün təhlükəsizliyini və tamlığını təmin etmək, bu da optimal yükləmə rejimlərinə riayət etməklə və yüklərin nəqliyyat konteynerlərində səmərəli yerləşdirilməsi ilə müəyyən edilir, həmçinin taranın özünün multimodalılığı. Konteynerlər kompaktlığı, istifadəsi asanlıqı və müxtəlifliyi səbəbindən bu əsas vəzifələrlə mükəmməl mübarizə aparırlar. İstənilən yükün keyfiyyətli daşınmasını təmin edə bilirlər.

Məqsədindən asılı olmayaraq, bütün növ konteynerlərin ümumi çəkisi, ölçüləri, birləşdirici ölçüləri, habelə avtomobil nəqliyyatının hərəkətli heyətinə və yükləmə və boşaltma maşınlarının tutma mexanizmlərinə qoşulma cihazlarının dizaynı ilə standartlaşdırılır.

Konteynerlərin ən vacib əməliyyat parametrləri, qapının eni (2286 mm), hündürlüyü (ICC və IAA üçün – 2261 mm, IC və IA üçün – 2134 mm) və daxili həcm kimi konteynerlərin daxili ölçüləridir.

Yük konteynerləri ayrı təsnifatlara bölünür. Hər bir təsnifat təsnifatın xüsusiyyətlərindən asılı olaraq konteyner istehsalı standartlarını müəyyənləşdirir.

Konteyner təsnifatı:

1. Böyük tonnajlı yük konteyneri - ümumi çəkisi 10 ton olan yük konteyneri. və daha çox.
2. Orta tonnajlı yük konteyneri - ümumi çəkisi ən azı 3 ton, lakin 10 tondan çox olmayan yük konteyneri.
3. Aşağı tonnajlı yük konteyneri - ümumi çəkisi 3 tondan az olan yük konteyneri.
4. Universal Yük konteyneri-geniş çeşiddə, genişlənmiş yük vahidləri və tarno-parça yüklər üçün yük konteyneri.
5. Xüsusi yük konteyneri-məhdud nomenklatura və ya müəyyən növ mallar üçün yük konteynerləri.
6. Sistem konteyneri-xüsusi yük konteyneri, həm də təzyiqləndirilmiş yüklərin boşaldılması və mayeləşdirilmiş qazların, maye və ya toplu yüklərin daşınması üçün nəzərdə tutulmuş, armatur və

digər qurğularla təchiz olunmuş bir çərçivə (çərçivə elementləri), sistern və ya sisternlərdən ibarət xüsusi bir qab.

7. "Qutu" tipli təzyiq olmadan toplu yüklərin daşınması üçün konteyner, ən azı bir son divarda bir qapısı olan və cazibə qüvvəsi ilə boşaldılmış düzbucaqlı bir quruluşlu bir qabdır. Belə bir konteynerin universal olaraq istifadə edilməsinə icazə verilir.

8. Platforma konteyner-alt künc armaturları istisna olmaqla, üst künc armaturları ilə təchiz olunmuş, yalnız döşəməsi olan bir baza olan bir konteyner.

9. İzotermik konteyner-divarları, döşəməsi, damı və qapıları örtülmüş və ya konteynerin daxili həcmi ilə ətraf mühit arasında istilik mübadiləsini məhdudlaşdıran istilik izolyasiya edən materialdan hazırlanmış xüsusi bir qab.

10. Soyuducu konteyner-soyuducu avadanlıqları olan izotermik konteyner (məsələn, mexaniki kompressor, absorbsiya qurğusu və s.).

ISO 830 standartına uyğun olaraq, yük konteyneri aşağıdakı tələblərə cavab verən nəqliyyat avadanlığının predmeti kimi başa düşülür:

- təkrar istifadə üçün uyğun olmaq üçün kifayət qədər möhkəm bir quruluş;
- konteyner həddindən artıq yüklənməsinə, xüsusən də bir nəqliyyat növündən digərinə ötürülməsinə imkan verən qurğularla təchiz olunmalıdır;
- yükləmə və boşaltma proseslərini mümkün qədər asanlaşdırmaq üçün bu şəkildə hazırlanmış konteyner olmalıdı, [2]. Konteynerlərin növləri və müxtəlif yüklərin daşınmasında geniş istifadə olunan istifadə şərtləri

**Cədvəl 1.** Konteynerlərin təyinatına görə təsnifatı [2]

Konteyner növü	Təyinat
Tarno-parça yük konteynerləri	Geniş çeşidli vahid yüklərin daşınması üçün nəzərdə tutulmuş universal konteynerlər
İxtisaslaşdırılmış konteynerlər	Fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri və nəqliyyat şərtləri ilə homojen olan məhdud nomenklaturalı malların müxtəlif nəqliyyat növləri ilə daşınması üçün nəzərdə tutulmuş konteynerlər
toplu yüklər üçün konteynerlər	Maye, mayeləşdirilmiş qazlar və toplu yüklərin daşınması üçün sistern konteynerləri
Dənəvər və dağılan yükləri daşımaq üçün konteynerlər	Toplu yük üçün çərçivəyə sərt şəkildə bərkidilmiş yük daşıyan strukturadan ibarət konteynerlər
Rejim yük konteynerləri	Temperatur, rütubət və havalandırma preslərini qorumaq üçün xüsusi təchiz olunmuş konteynerlər

Qeyd etmək lazımdır ki, çevikliyinə görə konteyner daşınması nəqliyyat xidmətləri bazarına əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərmişdir:

- yerüstü yük nəqliyyatının cəlb edilməsi dəniz daşıyıcılarına nəqliyyatın dəyərini azaltmağa imkan verdi ki, bu da topdansatış xidmətləri kimi qəbul edilə bilər;
- hava nəqliyyatı çatdırılma səmərəliliyi ilə cəlb olunur;
- dəmir yolu nəqliyyatı digər nəqliyyat növləri ilə fəal əməkdaşlıq yolu ilə ümumi yüklərin daşınması sahəsində gücləndi.

Bütün bunlar dünyanın istənilən nöqtəsinə müxtəlif nəqliyyat birləşmələrindən istifadə edərək multimodal nəqliyyatın təşkili xidmətləri təklif edən logistika agentliklərinin sayının artmasına təsir göstərmişdir.

Bununla birlikdə, yüklərin konteynerləşdirilməsinin bütün üstünlüklərinə baxmayaraq, ölkəmizdə konteyner daşımalarının inkişafında bir sıra problemlər aydın şəkildə görülə bilər: lazımı sayda infrastruktur obyektlərinin olmaması, onların inkişaf səviyyəsinin kifayət qədər olmaması.

Əvvəla, bu, infrastruktur komplekslərinin emal konteynerlərinin yavaş yenilənməsi ilə əlaqədardır ki, bu da müvafiq olaraq digər ölkələrlə müqayisədə rəqabət qabiliyyətinin azalmasına

təsir göstərir. Ayrıca, yük göndərməyin müxtəlif hüquqi sxemləri kifayət qədər keyfiyyətə həyata keçirilmir. Yuxarıda göstərilən amillər yük dövriyyəsinin həcmi və yük daşınması sahəsində istənilən inkişaf tempi ilə bağlı qarşıya qoyulan məqsədlərə çatmağa imkan vermir.

Nəticədə qeyd etmək lazımdır ki, konteyner daşımaları sistemlərinin inkişaf potensialı öz resursunu tükəndirməyib ki, bu da gələcəkdə daha yüksək zirvələrə çatmağa və yük əməliyyatlarını avtomatizmə optimallaşdırmağa imkan verəcəkdir.

Konteynerləşdirməni dövlətin nəqliyyat prosesinə daxil etmək üçün nəqliyyat texnologiyalarının təkmilləşdirilməsinə, müasir logistika nəqliyyat zəncirlərinin yaradılmasına və ölkənin dünya nəqliyyat xidmətləri bazarında rəqabət qabiliyyətinin artırılmasına imkan verəcək tədqiqat fəaliyyətinin və hüquqi bazanın inkişafına ciddi investisiyalar qoymaq lazımdır.

### Ədəbiyyat

1. Гараева М.Л. Основные аспекты развития индустрии морских контейнерных перевозок в международной логистике на примере компании «МАЕРСК» (MAERSKLINE). Молодой ученый. №11 (115). 650–654с. 2016
2. Бауэрсокс Д.Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок. Д.Дж. Клосс. ОлимпБизнес, 640 с. 2010
3. Сайт транспортной компании «Восток-Запад» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.vztc.ru/info/articles/detail.php?ID=113>
4. Сайт транспортной компании ФорКом [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://frcm.net/f-a-q/9-tipy-kontejnerov-mezhdunarodnogo-standarta>.
5. Касаткина А.С. Международные морские перевозки грузов: актуальные проблемы правового регулирования. Журнал Высшей школы экономики. №2. 171–185 с. 2016
6. Плужников К.И. Глобализация производства и распределения транспортных услуг. РКонсульт, 30–31с. 2004
7. Иванов Д.А. Управление цепями поставок. СПб.:Изд-во Политехн. унта, 2009

### References

1. Garaeva M.L. Osnovnye aspekty razvitiya industrii morskikh kontejnernih perevozok v mezhdunarodnoj logistike na primere kompanii «MAERSK» (MAERSKLINE). Molodoj uchenyj. №11 (115). 650–654s. 2016
2. Bauersoks D.Dzh. Logistika: integrirovannaya cep' postavok. D.Dzh. Kloss. OlimpBiznes, 640 s. 2010
3. Sajt transportnoj kompanii «Vostok-Zapad» [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.vztc.ru/info/articles/detail.php?ID=113>
4. Sajt transportnoj kompanii ForKom [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://frcm.net/f-a-q/9-tipy-kontejnerov-mezhdunarodnogo-standarta>.
5. Kasatkina A.S. Mezhdunarodnye morskije perevozki грузов: aktual'nye problemy pravovogo regulirovaniya. Zhurnal Vysshej shkoly ekonomiki. №2. 171–185s. 2016
6. Pluzhnikov K.I. Globalizaciya proizvodstva i raspredeleniya transportnyh uslug. RKonsul't, 30–31s. 2004
7. Ivanov D.A. Upravlenie cepyami postavok. Spb.Izd-vo Politekhn. unta, 2009

*Məqaləyə istinad: Həmidov N.R Nəqliyyat sektorunda konteynerləşdirmənin texnoloji problemləri. Elmi əsərlər/ Scientific works, AzMIU, s.242- 245, N2, 2023*

*For citation: Hamidov N.R Technological problems of containerization in the transport sector. Scientific works/ Elmi eserler. AzUAC, p.242- 245, N2, 2023*

## MÜASİR VERGİ SİYASƏTİNİN ƏSAS İSTİQAMƏTLƏRİ

**Mustafayev Rəşad Arzuman oğlu**- doktorant, Azərbaycan Kooperasiya Universiteti,  
resad\_320\_m@mail.ru

**Xülasə.** Vergi siyasətinin dövlət büdcəsinin gəlirlərinin formalaşmasındakı rolu və müasir vergi siyasətinin əsas istiqamətlərinin təhlil olunması. Vergi planlaşdırmasının etibarlı metodunun yaradılması büdcənin tərtibi prosesinin təkmilləşdirilməsi istiqamətlərindən biridir. Vergi siyasəti eyni zamanda, qanunvericilik sənədlərində nəzərdə tutulmuş müddəalara uyğun olaraq vergilər və ödənişlər haqqında zəruri məsələləri əhatə edir. Bu baxımdan büdcə dayanıqlığının təmin edilməsi səmərəli vergi siyasətinin yaradılmasını tələb edir. Vergi tənzimlənməsi biznes subyektinin maliyyə fəaliyyətinin uğurunun əsas komponenti kimi çıxış edir. Onun əsas məqsədi vergi güzəştləri və üstünlüklərindən istifadə, vergi rejimlərinin və vergitutma obyektlərinin düzgün seçilməsi əsasında qanuni üsullarla vergi ödənişlərini minimuma endirmək, uçot siyasəti elementlərinin formalaşdırılması və istifadəsi üzrə savadlılıq kimi məsələləri əhatə edir. Müasir vergi siyasəti tətbiq edilən vergi növlərinin müxtəlifliyində, vergi dərəcələrində, vergi ödəyiciləri və vergitutma obyektləri dairəsinin yaradılmasında, vergi güzəştlərinin tətbiqində öz əksini tapır.

**Açar sözlər:** vergi, büdcə, gəlir, tənzimləmə, proqnozlaşdırma

## MAIN DIRECTIONS OF MODERN TAX POLICY

**Mustafayev Rashad Arzuman**- PhD student, Azerbaijan Cooperation University,  
resad\_320\_m@mail.ru

**Summary.** The purpose of the study - The role of tax policy in the formation of state budget revenues and analysis of the main directions of modern tax policy. Applied significance of the research - Creating a reliable method of tax planning is one of the ways to improve the budgeting process. Tax policy also covers the necessary issues of taxes and payments in accordance with the provisions of the legislative documents. In this regard, ensuring budget stability requires the creation of an efficient tax policy. Tax regulation acts as a key component of the success of the financial activity of a business entity. Its main purpose includes issues such as using tax benefits and advantages, minimizing tax payments by legal methods based on the correct selection of tax regimes and taxation objects, and literacy on the formation and use of accounting policy elements. Modern tax policy is reflected in the variety of applied tax types, tax rates, the creation of the circle of taxpayers and taxation objects, and the application of tax concessions.

**Keywords:** tax, budget, revenue, regulation, forecasting

**Giriş.** Vergi siyasəti vergi növlərinin müxtəlifliyində, vergi ödəyiciləri və vergitutma obyektləri dairəsinin yaradılmasında, vergi güzəştlərinin tətbiqində öz əksini tapmaqla büdcə planlaşdırması sahəsində problemlərin həllinə yönəlir. Müasir vergi siyasəti tətbiq edilən vergi növlərinin müxtəlifliyində, vergi dərəcələrində, vergi ödəyiciləri və vergitutma obyektləri dairəsinin yaradılmasında, vergi güzəştlərinin tətbiqində öz əksini tapır. Vergi siyasəti özünün həyata keçirilməsi istiqamətlərindən asılı olaraq bir-birindən asılı olan məqsədlərin reallaşdırılmasına xidmət edir. Həmin məqsədlərə daxildir: büdcə gəlirlərinin formalaşmasının təmin edilməsi; dövlət orqanlarının fəaliyyətinin maliyyələşdirilməsi üçün zəruri olan və müvafiq funksiyaların həyata keçirilməsi; iqtisadiyyatın prioritet sahələrinin və fəaliyyətlərin davamlı inkişafına kömək göstərilməsi; gəlir vergisinin tutulmasında sosial ədalətin təmin edilməsi və s. Qeyd etmək lazımdır ki, vergi siyasəti müxtəlif vergi növlərinə müəyyən edilmiş dərəcələr daxilində həyata keçirilir.

Müasir vergi siyasəti tətbiq edilən vergi növlərinin müxtəlifliyində, vergi dərəcələrində, vergi ödəyiciləri və vergitutma obyektləri dairəsinin yaradılmasında, vergi güzəştlərinin tətbiqində öz əksini tapır. Vergi siyasəti özünün həyata keçirilmə istiqamətlərindən asılı olaraq bir-birindən asılı olan məqsədlərin reallaşdırılmasına xidmət edir. Həmin məqsədlərə daxildir: büdcə gəlirlərinin formalaşmasının təmin edilməsi; dövlət orqanlarının fəaliyyətinin maliyyələşdirilməsi üçün zəruri olan və müvafiq funksiyaların həyata keçirilməsi; iqtisadiyyatın prioritet sahələrinin və fəaliyyətlərin davamlı inkişafına kömək göstərilməsi; gəlir vergisinin tutulmasında sosial ədalətin təmin edilməsi və s. Qeyd etmək lazımdır ki, vergi siyasəti müxtəlif vergi növlərinə müəyyən edilmiş dərəcələr daxilində həyata keçirilir.

Büdcənin planlaşdırılmasında, eləcə də büdcə layihələrinin hazırlanmasında və tərtibi prosesində vergilər və onların dərəcələri mütləq şəkildə nəzərə alınır. Bununla yanaşı vergi siyasətinin əsas istiqamətləri büdcə planlaşdırması sahəsində problemlərin həllinə, iqtisadi subyektlərə iqtisadi fəaliyyətin aparılması şərtlərinin sabitliyinə və müəyyənliyinə hədəflənir. Vergi siyasəti göstərilənlər nəzərə alınmaqla, qanunvericilik sənədləri və normativ-hüquqi aktlarda nəzərdə tutulmuş müddəalara uyğun olaraq vergilər və ödənişlər haqqında zəruri məsələləri əhatə edir. Qəbul edilən daha təkmil qanunvericilik sənədləri və normativ-hüquqi aktlar vergi siyasətinin şəffaflığının və proqnozlaşdırıla bilənliyinin artmasına gətirib çıxarır. Vergi sahəsində müvafiq orqanların fəaliyyətlərinin proqnozlaşdırıla bilinməsi, investorlar üçün uzunmüddətli investisiya qərarlarının qəbul edilməsi baxımından xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Azərbaycan Respublikasında mövcud qanunvericilik “vergi sistemini, vergitutmanın ümumi əsaslarını, vergilərin müəyyən edilməsi, ödənilməsi və yığılması qaydalarını, vergi ödəyicilərinin və dövlət vergi orqanlarının, habelə vergi münasibətlərinin digər iştirakçılarının vergitutma məsələləri ilə bağlı hüquq və vəzifələrini” müəyyənləşdirir [1].

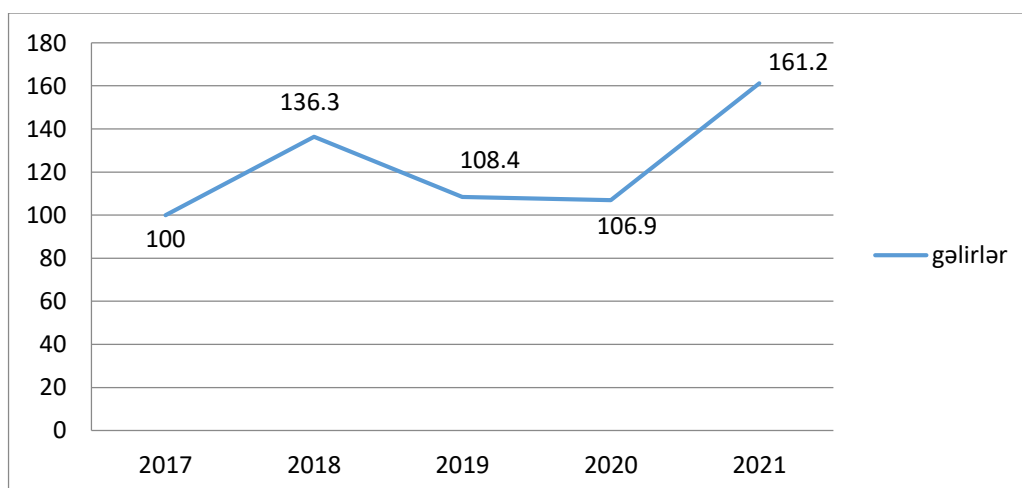
*Vergi siyasətinin dövlət büdcəsinin gəlirlərinin formalaşmasında rolu.* Araşdırmalara əsaslanaraq qeyd etmək olar ki, vergi siyasəti fiskal siyasətin vacib hissəsi kimi çıxış edir. Qeyd edilənlərdən aydın olur ki, vergi siyasətinin fəaliyyət istiqaməti, vergilər və vergitutma sahəsində dövlətin həyata keçirdiyi tədbirlər sistemini əhatə etməklə müəyyən tənzimləyici funksiyalar da yerinə yetirir. Bununla yanaşı vergi siyasəti hesabına büdcə dayanıqlığının təmin edilməsi səmərəli və sabit vergi sisteminin yaradılmasını tələb edir. Bu isə ilk növbədə innovasiyaların və investisiyaların dəstəklənməsi kimi mühüm tədbirlərin həyata keçirilməsi vasitəsilə mümkündür. Respublikamızda dövlət büdcəsinə vergi daxilolmalarının dinamikasına nəzər saldıqda məlum olur ki, 2017-ci illə müqayisədə 2021-ci ildə dövlət büdcəsinin gəlirləri 61,2 faiz, o cümlədən fiziki şəxslərdən alınan gəlir vergisi 14,8 faiz, hüquqi şəxslərin mənfəət vergisi 29,4 faiz əmlak vergisi 18,3 faiz, əlavə dəyərə vergisi 42,1 faiz, aksiz vergisi, 80,5 faiz, mədən vergisi 24,6 faiz, xarici iqtisadi fəaliyyətlə bağlı vergilər 50,6 faiz, sair daxilolmalar isə 95,3 faiz artmışdır. Müqayisə olunan dövrdə torpaq vergisi 9,3 faiz, digər vergilər isə 17,2 faiz azalmışdır [4].

2017-ci ildə dövlət büdcəsinin gəlirlərinin 56,7 faizi vergi ödənişləri hesabına formalaşmışdır. Dövlət büdcəsinin gəlirlərində gəlir vergisinin xüsusi çəkisi 6,3 faiz, hüquqi şəxslərin mənfəət vergisinin xüsusi çəkisi 13,8 faiz, əlavə dəyər vergisinin xüsusi çəkisi isə 22,2 faiz olmuşdur. 2021-ci ildə büdcəsinin gəlirlərinin 47,5 faizini vergi daxil olmaları təşkil etmişdir. Büdcə gəlirlərinin 4,5 faizi fiziki şəxslərin mənfəət vergisinin, 11 faizi hüquqi şəxslərin mənfəət vergisinin, 21,3 faizi isə əlavə dəyər vergisinin hesabına formalaşmışdır.

**Cədvəl 1.** Dövlət büdcəsinə vergi daxilolmaları, milyon manat [4]

	2017	2018	2019	2020	2021	2017-ci illə müqayisədə 2021-ci ildə faizlə
Gəlirlər-cəmi o cümlədən:	16516,7	22508,9	24398,5	26077,9	26631,7	161,2
Fiziki şəxslərin gəlir vergisi	1040,3	995,9	952,1	1151,0	1194,6	114,8
Hüquqi şəxslərin mənfəət (gəlir) vergisi	2285,9	2499,7	2546,0	2351,7	2958,4	129,4
Torpaq vergisi	50,4	50,6	50,0	40,8	45,7	90,7
Əmlak vergisi	178,6	182,2	212,6	186,8	211,3	118,3
Əlavə dəyər vergisi	3668,6	4287,6	5185,1	4818,3	5214,5	142,1
Aksiz	612,6	728,6	854,7	898,2	1105,8	180,5
Mədən vergisi	111,1	137,4	133,8	130,2	138,4	124,6
Xarici iqtisadi fəaliyyətlə bağlı vergilər	903,0	1143,7	1343,2	1160,6	1360,0	150,6
Digər vergilər	505,7	561,6	477,5	413,8	418,8	82,8
Sair daxilolmalar	7160,5	11921,6	12643,4	14926,5	13984,2	195,3

Müvafiq illər üzrə vergi daxilolmaları hesabına büdcə gəlirlərinin indeksinə nəzər saldıqda məlum olur ki, bu göstərici 2018-ci ildə 36,3%, 2019-cu ildə 8,4%, 2020-ci ildə 6,9%, 2021-ci ildə 61,2% artmışdır. Göründüyü kimi, 2018-ci və 2021-ci illərdəki artım tempi digər illəri üstələyir. 2019-cu və 2020-ci illərdə artım qeydə alınsa da müqayisənin qırıldığı digər illərlə müqayisədə əhəmiyyətli dərəcədə aşağıdır.

**Şəkil 1.** Vergi daxilolmaları hesabına büdcə gəlirləri indeksi, %-lə [4]

*Vergi planlaşdırması və proqnozların hazırlanması.* Məlumdur ki, vergi planlaşdırması vergi siyasətinin tərkib hissəsi kimi çıxış edir. Vergi planlaşdırması dövlət və təsərrüfat subyektləri tərəfindən perspektiv üçün vergi və ödənişlərin məbləğlərinin hesablanması prosesini əhatə



edir. Vergi planlaşdırmasının köməyi ilə vergi mexanizminin elementi kimi dövlət, iqtisadiyyatı idarə edir və iqtisadi prosesləri tənzimləməyə çalışır. Bu baxımdan vergi planlaşdırılmasının məqsədləri makro və mikro səviyyədə fərqlidir. Məntiqi olaraq dövlət, müvafiq vəzifələrin icrası üçün büdcəyə və büdcədənəkar fondlara mümkün qədər daha çox vergi gəlirləri əldə etməyə, fiziki və hüquqi şəxslər isə öz vergi öhdəliklərini azaltmağa səy göstərir.

Araşdırmalar göstərir ki, vergi planlaşdırmasının iqtisadiyyatda artan rolu ilkin olaraq aşağıdakı amillərlə müəyyən edilir: vergi yükünün ağırlığı; vergi qanunvericiliyinin mürəkkəbliyi və dəyişkənliyi. Vergi planlaşdırması iqtisadi subyektlər üçün biznesi inkişaf etdirmək vasitəsidir. Bununla belə, sahibkarlığın inkişafı üçün müvafiq şəraitin yaradılması, təşəbbüskarlığın təşviqi ən mühüm məsələlərdən hesab edilir.

Vergi planlaşdırmasının digər amillərinə subyektlərin ölçüsü və fəaliyyət formalarının mürəkkəbliyi daxildir. Göstərilən amillər müəssisələrin fəaliyyət strukturunu da mürəkkəbləşdirir. Bunun səbəbləri inkişaf etmə, o cümlədən yeni istehsal və biznes sahələrinə investisiya qoyma, risklərin yenidən bölüşdürülməsi ehtiyacı ilə əhəmiyyətli dərəcədə bağlıdır. İşgüzar fəaliyyətin miqyası, mürəkkəbliyi və müxtəlifliyi bu prosesə xüsusi diqqət yetirməyi tələb edir. Bu zaman istehsal həcmnin, maliyyələşmə mənbələrinin və resursların müəyyən edilməsi, vergi tətbiqinin nəticələrinin hesablanması mühüm məsələlər kimi özə çıxır.

Xarici mühitin hərəkətliyi vergi planlaşdırılmasında digər bir amil kimi çıxış edir. Xarici biznes mühiti yüksək dəyişiklik sürəti ilə xarakterizə olunduğundan onun hərəkətliyi ilk növbədə istehlak tələbinin yüksək səviyyədə ödənilməsi, müxtəlif və sürətlə dəyişən xarakteri ilə bağlıdır. Bu baxımdan ətraf mühitin hərəkətliyi daxili iqtisadiyyatın dinamik xarakteri və qeyri-sabitliyi ilə müəyyən edilir. Belə şəraitdə müvafiq sahələrdə qərarların qəbulu xarici mühit haqqında məlumatların daim yenilənməsinə, onların təhlilinə, yeni strategiyaların və taktiki yanaşmaların axtarışına əsaslanır. Ona görə də vergi planlaşdırılmasında qeyd edilənlərin nəzərə alınmasının zəruriliyi ortaya çıxır. Bu kimi amillərin diqqətdə saxlanması xarici mühitdəki dəyişiklikləri qiymətləndirmək üçün adekvat qərarlar qəbul etməyə imkan verir. Beləliklə, verginin planlaşdırılması strateji xarakter alır. Vergi planlaşdırılması büdcəyə gözlənilən vergi daxilolmalarının iqtisadi cəhətdən əsaslandırılmış keyfiyyət və kəmiyyət parametrlərinin işlənilib hazırlanması prosesi kimi aşağıdakı məsələləri birləşdirir: büdcənin vergi gəlirləri və mövcud vergi qanunvericiliyi haqqında məlumatlar; büdcə sisteminin digər səviyyələri və normativ gəlirlərindən ayrımlar üçün normativlər; göstərilən maliyyə yardımının gözlənilən məbləği; büdcələr arasında yenidən bölüşdürülmüş xərclərin növləri və həcmi.

Bundan əlavə, büdcə layihəsinin hazırlanması üçün zəruri olan məlumatlara dövlət və ya bələdiyyə xidmətlərinin göstərilməsi üçün maliyyə xərclərinin və minimum büdcə təminatının normaları haqqında məlumatlar daxildir. Bu prosesdə müvafiq dövrü üçün sosial-iqtisadi inkişafı ilə bağlı məlumatlar hazırlanır, iqtisadiyyatın və sosial sahənin inkişaf tendensiyaları əsaslandırılır. Beləliklə, vergi planlaşdırılmasının birinci mərhələsi büdcənin vergi gəlirləri üzrə planın işlənilib hazırlanması üçün ilkin şərtlərin təhlilini əhatə edir. Ərazinin gələcək inkişafı üçün proqnozların formalaşdırılması və büdcəyə vergi daxilolmalarının hesablanması üçün əsas olan digər materialların tərtibi də bu prosesdə əsas məsələlərdən hesab edilir.

Vergi planlaşdırılmasının ikinci mərhələsində vergi siyasəti tənzimlənilir, səlahiyyətlər və gəlir mənbələri müəyyən edilir. Vergi planlaşdırılmasının ikinci mərhələsinin bir hissəsi olaraq vergi siyasətində mühüm istiqamətlər müəyyən edilir. Vergi siyasəti dövlətin müəyyən funksiyalarını yerinə yetirməyi hədəfləyir və son nəticədə cəmiyyətin iqtisadi sabitləşməsi üçün şərait yaratmağı hədəfləyir. Bu məqsədlə iqtisadiyyatda baş verən transformasiyalar şəraitində, ölkənin vergi sisteminin hədəfləri və bu məqsədləri təcrübədə həyata keçirməyə imkan verən üsullar müəyyənləşdirilir.

Vergi daxilolmalarının büdcə sisteminin səviyyələri üzrə ayrılması zərurəti iqtisadiyyatın müxtəlif sahələrinin sosial-iqtisadi şərtlərdəki fərqlərlə, onların iqtisadi potensialı ilə bağlıdır. Sahələrə maliyyə dəstəyi, sabit gəlir bazasının yaradılması büdcə sisteminin hər bir səviyyəsi üçün büdcə konsepsiyasını əks etdirir. Vergi siyasətinin həyata keçirilməsinin spesifik formaları bir-birini tamamlayan iki tendensiyanın birləşməsindən asılıdır: iqtisadi inkişafın lazımı tempinin və gəlirlərin təmin edilməsi.

Vergi planlaşdırılmasının üçüncü mərhələsi büdcəyə daxil olan vergilərin məbləğinin hesablanmasını əks etdirir. Vergilərin məbləğinin müəyyən edilməsi fundamental yanaşmalar əsasında həyata keçirilir, eyni zamanda planlaşdırma prosesinin spesifik metodologiyası büdcənin səviyyəsindən asılı olaraq öz xüsusiyyətlərinə malikdir. Araşdırmalar göstərir ki, vergi daxilolmaları sahələrin sosial-iqtisadi inkişafı üzrə perspektiv proqramları, büdcələrarası münasibətlərin formalaşması üsullarını əhatə edir. Vergi planlaşdırılmasının bu mərhələsinin əsas vəzifəsi qısa və ortamüddətli dövr üçün büdcəyə vergi ödənişlərinin həcmının müəyyən edilməsi, vergi daxilolmalarının ümumi məbləğinin ödəniş növləri üzrə bölgüsündən ibarətdir.

Vergilərin məbləğinin hesablanması büdcə gəlirlərinin həcminin proqnozlaşdırılması zamanı həyata keçirilən vergi planlaşdırılmasının son mərhələsi hesab olunur. Vergi məbləğinin hesablanmasının mütərəqqi üsullarının tətbiqinin zəruriliyi büdcəyə ödənişlər sistemində baş verən dəyişikliklərlə izah olunur. Bir çox ölkələrdə sabit fəaliyyət göstərən vergi sistemi, vergilərin hesablanması prosesinin kompleks metodoloji təminatı sisteminin işlənilib hazırlanmasını şərtləndirmişdir. Qeyd edilən metodologiyalarda iqtisadi modellər, sistemli yanaşma, iqtisadi proqramlaşdırma, bir sıra analitik və qiymətləndirmə üsullarından istifadə olunur.

Vergi daxilolmalarının proqnozlaşdırılması bir qayda olaraq, qanunvericilikdə nəzərdə tutulmuş hər bir vergi növü üzrə il ərzində gözlənilən gəlirləri əks etdirən baza büdcəsinin hazırlanması ilə başlayır. Proqnozlar zaman sıralarının reqressiya modellərinə, vergi öhdəliklərinin ödəniş növləri üzrə bölüşdürülməsi üçün bir sıra əmsallara, vergi yığımlarının həcmindəki dəyişikliklərin dinamikasına əsaslanır. Büdcə gəlirlərinin əsas səviyyəsinin proqnozlaşdırılması üsullarından biri ekspert qiymətləndirmələri metodudur. Bu, bir qrup mütəxəssisin sorğu vasitəsilə ardıcıl qiymətləndirməsinə əsaslanan kollektiv ekspert qiymətləndirmələrini əks etdirir. Eyni zamanda, ekspertlərin növbəti mərhələdə qərarını daha da əsaslandırmaq üçün əvvəlki nəticələrlə bağlı ekspertlər məlumatlandırılır. Büdcə planlaşdırılmasında tətbiq edilən bu üsula əsasən, bir qrup ekspert gözlənilən vergi daxilolmaları ilə bağlı məlumatlı fikirlərini bildirir. Bu cür təxminlər proqnozlaşdırılan vergi məbləği barədə nəticələri daha dolğun əks etdirsə də iqtisadi səviyyə kimi digər amillərdən asılı olaraq dəyişdirilə bilməz.

Ümumilikdə büdcə gəlirlərinin və vergilərin illik daxilolmalarının həcmi hesabmaq üçün nəzarət dəyərlərinin müəyyən edilməsi metodundan istifadə olunur. Başqa bir üsul gələcək xərclərin müəyyən edilməsi, xarici maliyyə mənbələrinin qiymətləndirilməsi və yalnız bundan sonra daxili resurslara ehtiyacın müəyyən edilməsidir. Vergi sistemində vergi daxilolmalarının həcminə münasibətdə nəzarət rəqəmlərinin əsassız müəyyən edilməsi, bir qayda olaraq, ədalətli vergitutma prinsiplərinin pozulmasına səbəb olur. Ümumiyyətlə, vergi gəlirlərinin proqnozları planlaşdırmadan asılıdır. Ona görə iqtisadi fəaliyyətin səviyyəsi, vergi tutulan gəlirin hesablanmasını tənzipləyən vergi qanunları, vergi öhdəlikləri və ödənilməli məbləğlərin ödənilməsi, o cümlədən vergi ödəyicilərinin bu qanunvericiliyə nə dərəcədə əməl etmə dərəcəsi mütləq şəkildə nəzərə alınmalıdır.

Araşdırmalar göstərir ki, vergi gəlirləri üzrə proqnozların obyektiv qeyri-müəyyənliyi səbəbindən proqnozlar və faktiki yığımlar arasında fərqlər qaçılmazdır. Adətən uyğunsuzluqlar aşağıdakılarla bağlı olur: təhlil üçün istifadə olunan iqtisadi hesabatda səhvlər; proqnozlaşdırma üçün yanlış model seçimi; qanunvericilikdə gözlənilməz dəyişikliklər; vergi ödəyicilərinin davranışını və ya verginin işini dəyişdirən amillər sistemi; vergi inzibətçiliyi sistemində dəyişikliklər və vergi ödəyicilərinin qanunlara riayət etmə dərəcəsi və s.

**Nəticə.** Beləliklə, vergi planlaşdırılması büdcə prosesinin mərhələlərindən biri kimi vergi daxilolmalarının həcmi elmi əsaslarla hesablanmasına söykənir. Hazırda verginin hesablanması metodologiyası büdcə gəlirlərinin, habelə müxtəlif amillərin büdcə gəlirlərinin həcminə təsirinin etibarlı modelləşdirilməsi üçün zəruri olan məlumat bazasının formalaşmasını tələb edir. Bu istiqamətdə müvafiq dövr üçün büdcə gəlirlərinin həcmi qiymətləndirilməsi, bütün səviyyələrdə büdcənin vaxtında və keyfiyyətli tərtib edilməsinin təmin edilməsi zəruridir.

Yaxın illər üçün iqtisadi inkişaf perspektivlərini qiymətləndirən ortamüddətli proqnozlar gözlənilən nəticələr nəzərə alınmaqla iqtisadiyyatın inkişaf modelləri əsasında tərtib edilir və fiskal siyasətdəki dəyişiklikləri nəzərə alır. Belə modellər dövlətin fiskal siyasətinin uzunmüddətli məqsəd və vəzifələrinə uyğun gələn iqtisadi proqnozları əks etdirir. Bütün bunlar göstərir ki, vergi siyasəti

formalaşdırılarkən əsas hədəflərin müəyyənləşdirilməsində həm dayanıqlı inkişaf amillərinin, həm də büdcə gəlirlərinin formalaşmasında bilavasitə iştirak edən subyektlərin fəaliyyətinin xüsusiyyətləri və miqyası nəzərə alınmalıdır. Araşdırmalar göstərir ki, vergi planlaşdırmasının iqtisadiyyatda artan rolu ilkin olaraq aşağıdakı amillərlə müəyyən edilir: vergi yükünün ağırlığı; vergi qanunvericiliyinin mürəkkəbliyi və dəyişkənliyi. Vergi planlaşdırması iqtisadi subyektlər üçün biznesi inkişaf etdirmək vasitəsidir. Bununla belə, sahibkarlığın inkişafı üçün müvafiq şəraitin yaradılması, təşəbbüskarlığın təşviqi ən mühüm məsələlərdən hesab edilir.

### Ədəbiyyat

1. Azərbaycan Respublikasının Vergi Məcəlləsi. 1 iyul, 2022
2. Kəlbəyev Y.A. Fiskal siyasət və milli iqtisadiyyatın tənzimlənmə problemləri. (Monoqrafiya). Bakı.Elmlər, 468 s. 2005
3. Колмогорова Ю.В., Глоба П.К., Исламутдинова Д.Ф. Фискальная политика как способ государственного регулирования экономики. Научное и образовательное пространство: перспективы развития: материалы Междунар. науч.-практ. конф./под ред. О.Н. Широкова. Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 242–244 с. 2015
4. <https://stat.gov.az/source/finance/>

### References

1. Azerbaijan Respublikasının Vergi Məcəlləsi. 1 iyul, 2022
2. Kəlbəyev Y.A. Fiskal siyasət və milli iqtisadiyyatın tənzimlənmə problemləri. (Monoqrafiya). Bakı.Elmlər, 468s. 2005
3. Kolmogorova Yu.V., Globa P.K., Islamutdinova D.F. Fiskal'naya politika kak sposob gosudarstvennogo regulirovaniya ekonomiki. Nauchnoe i obrazovatel'noe prostranstvo: perspektivy razvitiya: materialy Mezhdunar. Nau-prakt. konf/pod red. O.N.Shirokova. Cheboksary: CNS «Interaktiv plus», 242–244s. 2015
4. <https://stat.gov.az/source/finance/>

*Məqaləyə istinad: Mustafayev R.A Müasir vergi siyasətinin əsas istiqamətləri. Elmi əsərlər/Scientific works, AzMİU, s.246- 251, N2, 2023*

*For citation: Mustafayev R.A Main directions of modern tax policy. Scientific works/Elmi eserler. AzUAC, p.246- 251, N2, 2023*

## MƏQALƏNİN ƏLYAZMASININ TƏRTİBAT QAYDALARI

Nəşr üçün təklif olunan məqalənin əlyazmasının həcmi ən azı 5 və ən çox 8 səhifədən ibarət olmalı, A4 formatında, Microsoft Word mətn redaktorunda Times New Roman 12 şriftlə yığılmalı, səhifənin parametri hər iki tərəfdən -2sm olmalı, abzasda 1 sm boşluq olmalı və sətirlər arası interval eyni olmalıdır.

Məqalənin məzmunu aşağıdakı ardıcılıqla müəyyən edilməlidir: 1) *məqalənin adı* (mərkəzdə qalın şrift ilə) 12 sözdən çox olmamalıdır; 2) Hər bir müəllifin *soyadı, adı və atasının adı* (inisiialları deyil) (mərkəzdə qalın şrift ilə), *akademik dərəcə* (əgər varsa), *akademik ünvan* (varsa), *vəzifəsi, şöbə* və ya *kafedranın adı, təşkilatın adı* (qısaltmadan), *şəhər, poçt ünvanı*; 3) İşin mahiyyətini və əldə edilmiş nəticələri əks etdirən, çox qısa formada *annotasiya* (150-200 söz həcmində); 4) Mətnin əsas mənasını daşıyan *Açar sözlər* (5-8 söz) (tikinti, analiz, sistem, mamarlıq, ekologiya və s. sözlər açar sözlər qismində istifadə olunma bilməz !!!); 5) *1-4-cü bəndlərin ingilis dilində tərcüməsi*; 6) *məqalənin mətni* onun quruluşu üçün aşağıdakı tələblərə cavab verməlidir; 7) GOST R 7.0.5-2008-ə uyğun olaraq hazırlanan *ədəbiyyat siyahısı*; 8) Ədəbiyyat siyahısının latınca References başlığı ilə nüsxələnməsi (bütün ədəbiyyat siyahısını kopyalamaq və <https://translit.net/> səhifəsindəki ekrana yerləşdirmək və «В транслит» düyməsinə basmaq). Azərbaycan dilindəki mənbələrdə hərfləri uyğun olaraq növbəti hərflərlə əvəzləmək lazım olacaqdır- ə-e, ı-i, ö-o, ü-u, c-j, ç-ch, ş-sh.

Məqalənin mətnində ümumi qəbul edilmiş terminologiyaya riayət olunmalıdır və istifadə edilən bütün xüsusi terminlər, ixtisarlər və simvollar açıqlanmalı və izah edilməlidir. ***Düsturlar*** Equationda dəqiq yığılmalıdır. Məqalənin mətnində simvollar, formul təsvirli əlavələrdən və ya fərdi dəyişənlərdən və funksiyalardan istifadə etmək qəbul edilməzdir. ***Mənbələrə istinadlar*** ardıcıl xarakter daşıyır (mətnə qeyd olunma ardıcılığı ilə) və kvadrat mötərizədə göstərilir (məsələn, [1], [1,3]). Mətnə ədəbiyyat siyahısından 2 ardıcıl mənbəyə istinad verilirə, aralıqda "-" işarəsi qeyd olunmalıdır (məsələn [1-3]). ***Şəkillər və cədvəllər*** yüksək keyfiyyətdə hazırlanmalıdırlar (redaksiyada təsvirlərin qrafiki işlənməsi nəzərdə tutulmur). Hər bir məqalədə mümkün cədvəllərin sayı 3 cədvəl, şəkillərin sayı isə 5-dən çox olmamalıdır. Jurnalda bütün şəkillər ağ-qara formada əks olunurlar. Hər bir şəkil və cədvəl Cədvəl 1. *Cədvəlin adı* və Şəkil 1. *Şəkilin adı* formasında nömrələnməli və adlandırılmalıdır. Cədvəlin nömrəsi və adı cədvəlin üstündə sağ kənarında yerləşdirilir, şəkilin nömrəsi və adı ortada şəkilin altında verilir.

## RULES FOR THE PREPARATION OF MANUSCRIPT

The volume of the manuscript proposed for publication should be not less than 5 and not more than 8 pages of typewritten text, printed in A4 format with margins from all sides 2 cm, with indentation 1 cm, with single line spacing, using Microsoft Word text editor with Times New Roman font size 12 pt.

The article should be presented in the following sequence: 1) The title (bold in the center) no more than 12 words; 2) For each author's surname, first name and middle name (not initials) (bold in the center), academic degree (if any), academic title (if any), position, name of department, organization name (without abbreviations), city, e-mail; 3) abstract (150-200 words), in a very concise form setting out the essence of the work and the obtained results; 4) keywords (5-8 words) that carry the main content in the text (the words, such as construction, analysis, system, architecture, ecology, etc. cannot be keywords !!!); 5) English translation of 1-4 sections; 6) the text of the article with the following requirements for its structure; 7) list of references, prepared in accordance with GOST R 7.0.5-2008 (see annex); 8) Duplication of reference in the Latin alphabet with the heading References (copy and paste the entire bibliography into the window on page <https://translit.net/> and press the button "Translit"). For references in Azerbaijani language, it is necessary to replace the letters ə with e, ı with i, ö with o, ü with u, c with j, ç with c, ş with sh.

The text of the article should follow the generally accepted terminology, and all used special terms, definitions and abbreviations should be disclosed and explained. ***Formulas*** should be typed clearly in Equation. The use of characters inserts with the image of formulas or individual variables or functions in the text is unacceptable. ***Links to sources*** have sequentially numbering (as mentioned in the text) and are indicated in brackets (for example [1], [1, 3]). If the text refers to more than 2 consecutive sources in the list of references, the range should be designated with the help of the "-" sign (for example [1-3]). ***Figures and tables*** should be performed qualitatively (graphical processing of figures is not assumed in the publishing). In each article, the maximum allowable number of tables is 3, and figures 8. In the journal, all figures are processed in black and white. Each table and figure should be numbered and named (even if the text of the article contains only one table or figure) in the form of Table 1 for table name and Fig.1 for figure name. The number and name of the table is given in front of the table and is aligned on the right edge, and the number and name of the figure is aligned in the center and is given under the picture.

