



ISSN 2521-6376

Volume 7
Number 2
2023

Journal of Baku Engineering University

MECHANICAL
AND INDUSTRIAL
ENGINEERING

Journal is published twice a year
Number-1. June, Number-2. December

An International Journal

<http://journal.beu.edu.az>

Editor-in-chief

Huseyn Mirzeyev

Co - Editor

Asif Quliyev, Vuqar Muradov

Editorial advisory board

Amrulla Agamaliyev (Baku State University, Azerbaijan)
Anatoliy Palmov (Sank- Petersburg Technical University, Russia)
Igor Kiyko (Moscov State University, Russia)
Ismail Fidan (USA, Tennessee, Technical University)
Gelani Panahov (National Academy of Science, Azerbaijan)
Garib Murshudov (York Akademy,UK, London)

Hamed Sari-Sarraf (Texas Technik University,USA)
Mugammed Mehdiyev (Baku State University, Azerbaijan)
Suleyman Karadeniz (Turkey , 9 Eylul University)
Remzi Varal (Suleyman Demirel University, Turkey)
Vladimir Gudramovic (Dnepropetrovsk State University, Ukraine)
Vagif Mirsalimov (Azerbaijan Technical University, Azerbaijan)

International Advisory board

Abdullah Sofiyev (Suleyman Demirel University, Turkey)
Abusamat Abusattarov (Uzbekistan, Tashkent State University)
Ertugrul Durak (Turkey, Suleyman Demirel University)
Fatih Oncul (USA, Sothern Polytechic State University)
Fuad Latifov (Azerbaijan, National Academy of Science)
Latif Talibli (Azerbaijan, Azerbaijan National Aviation Academy)
Musa Ilyasov (Azerbaijan, Azerbaijan National Aviation Academy)
Mustafa Toparli (Turkey, Dokuz Eylul University)
Nariman Rasulov (Azerbaijan, Azerbaijan Technical University)
Nikolay Leontyev (Russia, Moscow State University of Civil Engineering)
Rudolf Berqman (Israel, Tel-Aviv University)

Shakir Mammadov (Azerbaijan, Azerbaijan University of Architecture and Construction)
Sunkay Akbarov (Yildiz Technical University, Turkey)
Tarik Chakar (Turkey, Sakarya University)
Telman Alimjanov (Kazakistan, Alma-Ata State University)
Ugurlu Nadirov (Azerbaijan, Azerbaijan Technical University)
Vagif Hacıyev (Azerbaijan, National Academy of Science)
Vitali Paymushin (Tataristan, Kazan Aviation Academy)
Vladimir Gudramovich (Ukraine, Dnepropetrovsk State University)
Vladimir Starovoytov (Belarus, Minsk State University)
Yuri Konoplyov (Tataristan, Kazan State University)
Ziraddin Mammadov (Turkey, Harran University)

Executive Editors

Shafag Alizade

Assistant Editors

Parviz Hasanov
Gulnara Akhverdiyeva

Design

Ilham Aliyev

Contact address

Journal of Baku Engineering University
AZ0102, Khirdalan city, Hasan Aliyev str. 120, Absheron, Baku, Azerbaijan

Tel: 00 994 12 - 349 99 66/78 **Fax:** 00 994 12 349-99-90/91

e-mail: journal@beu.edu.az

web: <http://journal.beu.edu.az>

facebook: *Journal Of Baku Engineering University*

Copyright © Baku Engineering University

ISSN 2521-6376

ISSN 2521-6376



Journal of Baku Engineering University

**MECHANICAL AND
INDUSTRIAL ENGINEERING**

Baku - AZERBAIJAN

Journal of Baku Engineering University

MECHANICAL AND INDUSTRIAL ENGINEERING

2023. Volume 7, Number 2

CONTENTS

TABLAMA TABLANDIRMA PROSESİ ZAMANI AUSTENİT SİNİFLİ POLADLARDA STRUKTUR ÇEVİRİLMƏLƏRİNİN TƏDQIQI	
<i>Quliyev A. H., Qəhrəmanov V. F., Rzayev N. S.</i>	55
BRIDGE THAT CAN BE CREATED IN KHIRDALAN CITY, TRAFFIC FLOW CHANGE APPROACH AND NUMERICAL AND COST OPTIMIZATION	
<i>Khazar R. Najimbayli, Elvin E. Asgarov</i>	62
YERALTI TUNELİN İNŞAATINDA ETİBARLIQ QIYMƏTLƏNDİRMƏSİ	
<i>Nicat Məstanzadə, Həqiqət Rüstəmov</i>	71
ÇOXMƏRTƏBƏLİ DƏMİRBETON BİNALARDA DİOFRAQMALARIN DİNAMİKİ YÜK TƏSİRLƏRİNDƏ ƏHƏMİYYƏTİ VƏ ROLUNUN BƏZİ TƏDQIQIAT NƏTİCƏLƏRİ	
<i>Butdayev Coşqun</i>	77
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЯВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ В ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРАХ	
<i>Ширалиев В.А., Гулиев А.Г.</i>	85
ПРОСТЫЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ПОТОКИ НЕСЖИМАЕМОЙ НЕНЬЮТОНОВСКОЙ НЕФТИ В ОДНОРОДНОМ ПЛАСТЕ ПО ЗАКОНУ А.КРАСНОПОЛЬСКОГО	
<i>Гусейнова Р.К., Кязимов Ф.К.</i>	90
PİSTONLU MAŞINLARDA DİRSƏKLİ VALIN RƏQSİ HƏRƏKƏTİNİN TƏDQIQI VƏ MÖHKƏMLİK HESABI	
<i>Aygün A. Bəkirova</i>	97

UOT:621.01

TABLAMA TABLANDIRMA PROSESİ ZAMANI AUSTENİT SINIFLI POLADLARDA STRUKTUR ÇEVİLMƏLƏRİNİN TƏDQIQI

QULİYEV A. H.

Bakı Mühəndislik Universiteti, Xırdalan şəh, Həsən Əliyev küç., 120 AZ0102,
Bakı, AZƏRBAYCAN
asquliyev@beu.edu.az

QƏHRƏMANOV V. F.

Bakı Mühəndislik Universiteti, Xırdalan şəh, Həsən Əliyev küç., 120 AZ0102,
Bakı, AZƏRBAYCAN
vqahremanov@beu.edu.az

RZAYEV N. S.

Bakı Mühəndislik Universiteti, Xırdalan şəh, Həsən Əliyev küç., 120 AZ0102,
Bakı, AZƏRBAYCAN
nzayev@beu.edu.az

XÜLASƏ

Konstruksiya və alət poladlarının termiki emal təsrübəsində ən çox və tez-tez austenitləşdirməyə balançlıq strukturu kristalloqrafik nizamlanmamış ferri-karbid qarışı-ğundan (ferrit-perlitli, perlitli, ifrat karbidə malik perlitli və s) ibarət olan poladlar uğradılır. Poladı böhran temperaturundan yuxarı qızdırdıqda polimorf çevrilməsi baş verir və bu zaman austenit rü-şeymləri yerdəyişmə mexanizmi ilə yarandığından, proses, faza çevrilməsi zamanı pərçimlənən aus-tenitin rekristallaşma rejiminə uyğun gedir. Ona görə də böhran nöqtəsini keçdikdə xırda dənəli aus-tenit əmələ gəlir və bu mexanizmdə faza keçidi və rekristallaşma prosesləri bir-birinə uyğun gəlir. Sonrakı qızdırma isə austenit sahəsində onun dənələrinin böyüməsinə səbəb olur (yığıcı rekristallaş-ma). Deyilən yenidənrekristallaşma mexanizminin poladın dənəsinin ölçüsünün dəyişməsinə təsiri aydınlaşdırılmamışdır.

Açar sözlər: Struktur, tabalma, çevrilmə, emal, polad, karbid, qızdırma

STUDY OF STRUCTURAL TRANSFORMATIONS IN AUSTENITE CLASS STEELS DURING THE ROLLING PROCESS

ABSTRACT

In the thermal processing of construction and tool steels, steels whose initial structure consists of a crystallographically disordered ferri-carbide mixture (ferrite-pearlite, pearlite, pearlite with extreme carbide, etc.) undergo austenitization most often. When the steel is heated above the critical temperature, polymorphic transformation occurs, and since the austenite crystals are formed by the displacement mechanism, the process corresponds to the recrystallization mode of austenite riveted during the phase transformation. Therefore, when the crisis point is passed, fine-grained austenite is formed, and in this mechanism, the phase transition and recrystallization processes are one. - corresponds to one. The subsequent heating causes the growth of its grains in the austenite area (cumulative recrystallization). The effect of the so-called recrystallization mechanism on the change in the size of the steel grain has not been clarified.

Key words: Structure, welding, transformation, processing, steel, carbide, heating

GİRİŞ

Qızdırma zamanı legirli poladlarda austenitləşdirmə prosesi, polimorf $\alpha \rightarrow \gamma$ çevrilməsindən, sementitin və xüsusi karbidlərin, nitridlərin və intermetallik birləşmələrin austenitdə həll olmasından və austenit dənələrinin rekristallaşmasından ibarət olur.

Austenitin nizamlanmamış mexanizmlə əmələ gəlməsi zamanı polimorf $\alpha \rightarrow \gamma$ çevrilməsi yenidən kristallaşma ilə müşayiət olunur, daha doğrusu, yeni yaranan γ -fazanın də-nəsinin ölçüsünün və yönəlmə istiqamətinin başlanğıc α -fazaya nisbətən dəyişməsi ilə baş verir [1]. Nizamlanmış mexanizmlə $\alpha \rightarrow \gamma$ keçidi yenidən-kristallaşma ilə müşayiət olunmur, çünki austenitin yerdəyişmə ilə çevrilməsi zamanı pərçimlənmiş fazanın birinci rekristallaşması daha yüksək temperaturlarda baş verir. Bu və ya digər yenidən-kristallaşma mexanizminin mümkünlüyünü müəyyən edən əsas amil, başlanğıc strukturun növü, daha dəqiq kristalloqrafik nizama salınmasıdır. Nizamlanmış başlanğıc strukturunda (ferrit-karbid qarışığı-FKQ) təkcə nizamlanmamış yenidən-kristallaşma mexanizmi baş verə bilər.

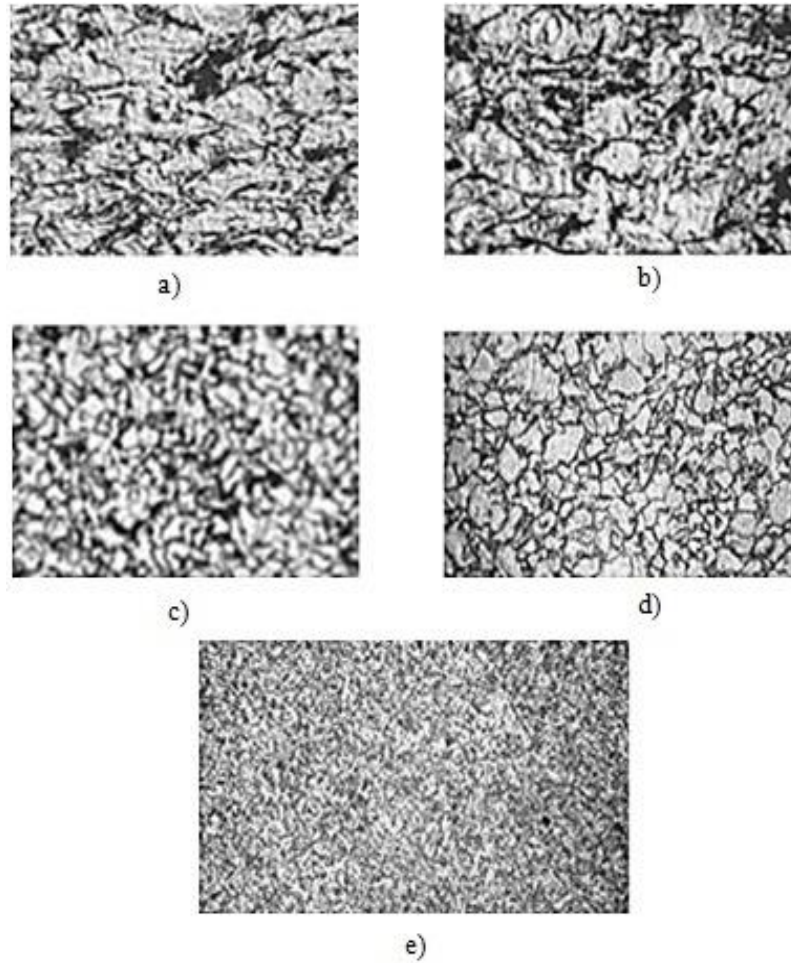
Qızdırma zamanı nizamlanmış başlanğıc strukturun faza yenidən-kristallaşma mexanizmi, nəzərə çarpacaq qədər "normal" yenidən-kristallaşma mexanizmindən mürəkkəbdir [3]. Müəyyən şəraitdə $\alpha \rightarrow \gamma$ çevrilməsi zamanı poladlar yenidən-kristallaşma qabiliyyətini itirir. İri dənəli nizamlanmamış strukturu A_{C3} -dən yuxarı qızdırmaq yaranan austenit dənəsinin ölçüsünü və yönəlmə istiqamətini başlanğıc strukturun dənəsi ilə eyni edə bilər, yəni başlanğıc dənənin bərpası baş verə bilər. Bu hadisə poladlarda struktur irsililiyi adlanır. Legirləmədən və qızdırma sürətindən asılı, struktur irsililiyinin yaranma dərəcəsinə görə poladları qruplaşdırmaq mümkündür. Yüksəklegirli poladlarda irsililik, qızdırma sürətindən asılı olmayaraq, həmişə baş verir. Legirli poladlarda sürətli və yavaş qızdırma, aşağılegirli və karbonlu poladlarda isə 1000 °C-dən yuxarı sürətlə qızdırma şəraitində struktur irsililiyi yaranma bilər [2,4].

Aydındır ki, legirləmə qızmanın böhran sürətinə təsir edir və A_{C3} -dən yuxarı təkrar qızdırmada başlanğıc iri dənənin bərpası müşayiət olunur, yəni xırda dənəli austenitin yaranması baş vermir. Daha yavaş (1-2 °C/dəq) qızdırma şəraitində çox poladlarda austenit kristalloqrafik nizamlanma mexanizmi ilə əmələ gəlir, bunun nəticəsində və belə qızdırma zamanı başlanğıc strukturun dənələrinin bərpası, daha doğrusu kəskin gözə çarpan struktur irsililiyi müşahidə olunur. Qızdırma sürətinin artırılması, austenit strukturunun formalaşması (böyüməsi) və dənələrinin xırdalanması prosesində nizamlamanın pozulmasına səbəb olur [5]. Nizamlanmanın $\alpha \rightarrow \gamma$ keçidində əmələ gələn austenit, fazaca pərçimlənmiş olur. Qızdırma temperaturunu T_r -dən yuxarı artırıqda onun rekristallaşması baş verir və təkcə bu vaxt austenit dənələri xırdalanır. Aralıq mülayim qızdırma (100-150 °C/dəq) sürətlərində, $\alpha \rightarrow \gamma$ keçidinin başlanğıcına qədər martensit tam parçalanmağa imkan tapır və poladın struktur irsililiyi təzahür etmir. Bu vaxt $\alpha \rightarrow \gamma$ keçidi rekristallaşma ilə üst-üstə düşür və dənələr tezliklə xırdalaşır, daha doğrusu yenidən-kristallaşmanın normal nizamlanmama mexanizmi reallaşır.

Tərkibində xrom və nikel olan, aşağıkarbonlu (20X2H4A, 37XH3A, 30XHГCA) konstruksiya poladlarında struktur irsililiyi daha yaxşı biruzə verilir. Termiki emal zamanı qabaqcadan ifratqızdırılmış, tərkibində güclü karbidəmələgətirici elementlər (Ti, V, Nb, Ta və s) olan poladlarda struktur irsililiyinin təzahürünə daha böyük ehtimal vardır. Lakin qeyd etmək lazımdır ki, yavaş soyutma zamanı bu halda bütün legirli poladlar meyilli deyildir.

Tablandırma, normallaşdırma və tabalma zamanı ifratsoyudulmuş austenitin parçalanması baş verir və üç növ çevrilmənin getməsi imkanı yaranır, aralıq və martensit çevrilməsi. Legirləyici elementlər bu çevrilmələrin kinetikasi və mexanizminə əhəmiyyətli təsir göstərir. Məlum olduğu kimi, ifratsoyudulmuş austenitin parçalanmaya dayanıqlılığı, austenitin izotermiki çevrilmə diaqramı ilə xarakterizə olunur. Karbonun miqdarının dəyişməsi və austenitin legirlənməsi perlit və aralıq çevrilmələrinin kinetikasına və martensit çevrilməsi temperaturuna təsir edir. Bilmək lazımdır ki, austenitin və poladın öz tərkibi bir-birinə uyğun

gəlməyə bilər, bu austenitləşdirmə zamanı legirleyici elementlərin bərk məhlula tam keçməməsi ilə izah edilir. Bu halda legirleyici elementlərin həll olmayan hissəsi karbid fazasının tərkibinə daxil olur və austenitin dayanıqlığına başqa cür təsir göstərir.



Şəkil 1. 18XIT poladların mikrostrukturunu

a-soyuq yaymadan sonra, b-soyuq yayma+650 °C-də qızdırmadan sonra,
c-soyuq yayma+700 °C-də qızdırmadan sonra, d-890 °C-də normallaşdırmadan sonra, e-tablama+650 °C-də tabəksiltmə, x500

Burada, austenitin dayanıqlılığının artmasını molibden və vanadium bu növ poladların kimyəvi qeyricinsliliyini azaltması ilə də izah etmək olar. Məlum olduğu kimi, inkubasiya dövrünü molibden və manqan daha səmərəli, xrom və nikel isə bir qədər zəif artırır, kobaltsa onu azaldır. Evtektoidə qədər poladlarda legirleyici elementlər ifrat ferrit fazasının ayrılmasına və ferrit-karbid qarışığının əmələ gəlməsinə müxtəlif cür təsir göstərə bilər. Legirleyici elementlər həmçinin martensit çevrilməsinin başlanğıc temperaturuna güclü təsir göstərir. Martensit çevrilməsinin başlanğıc temperaturunu ən güclü manqan aşağı salır, xrom, vanadium, nikel, molibden isə bir qədər zəif təsir göstərir. Mis və silisium martensit nöqtəsinin vəziyyətə az təsir edir. Kobalt və alüminium martensit nöqtəsinə yüksəldir. Karbon və azot martensit çevrilməsi temperaturunu güclü aşağı salır, poladda xeyli çevrilməmiş austenit qalır. Martensit çevrilməsi temperaturunu aşağı salan elementlər (C, Mn, Cr, Ni, Mo və s) tablandırmadan sonra qalıq austenitin miqdarını artırır, silisium və kobalt isə əksinə, onu azaldır. Perlit və aralıq çevrilməsinin, parçalanma diaqramında bir-birindən ayrılması, tərkibində bir neçə legirleyici element olan legirli poladlara məxsusdur. Karbidmələgətirici elementlərin poladda olması, bu

xüsusiyyəti daha aydın biruzə verir. Legirləyici elementlər perlit və martensit çevrilmələrinə müxtəlif cür təsir göstərir. Perlit sahəsində bütün legirləyici elementlər (Co-dan başqa), qızdırma zamanı austenitə keçərlərsə, ifratsoyudulmuş austenitin dayanıqlığı yük-səlidir.

Tablandırımdan sonra məlumdur ki, poladda martensitlə yanaşı, həmişə müəyyən qədər qalıq austenit də saxlanılır. Tablandırılmış konstruksiya poladlarında qalıq austenitin miqdarı, adətən 3-5% (bəzən 10-15%-ə qədər), tezkəsən poladlarda isə 20-40% təşkil edir. Yüksəxməli istiliyədözümlü alət poladlarında (X18M) qalıq austenitin miqdarı tablandırımdan sonra 60-80% çata bilər. Legirli poladlarda tabəksiltmə zamanı qalıq austenitin ya aralıq pilləsi ilə parçalanma, ya da tabəksiltmə temperaturundan soyutma zamanı martensitə çevrilə bilər. Austenitin parçalanma prosesində ayrılan fazaların qəfəslərinin ana fazaya səmti, bir fazanın başqa fazaya uyğunlaşması ondan asılı olur. Bu da, ana faza ilə ayrılan ifrat fazanın sərhədlərində xüsusi səthi enerjinin böyüklüyünü müəyyən edir. Halbuki yeni fazanın rüşeymlərinin yaranma ehtimalı, xüsusi səthi enerjiden asılı olur, buna görə səmtlənmə amili parçalanmanın başlanğıc mərhələsində kifayət qədər özünü gös-tərməklə, ayrılmaqla olan fazaların rüşeymlərinin ana fazadan təklənmə mərhələsinə təsir etmir.



Şəkil 2.18XIT markalı poladın soyuq yaymadan (a) və isti yaymadan (1000 °C) sonrakı mikrostrukturları, x500

Cədvəl 1. 18XIT markalı poladın kimyəvi tərkibi

Poladın markası	Elementlərin miqdarı, %								
	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Ti	Cu
18XIT	0,17-0,23	0,17-0,37	0,8-1,1	>0,3	>0,035	>0,035	1-1,3	0,03-0,09	>0,3

Cədvəl 2. 18XIT markalı poladın böhran temperaturları

Polad	Böhran temperaturları, °C				
	A _{C1}	A _{C3} (A _{Cm})	A _{r3} (A _{rem})	A _{r1}	Mn
18XIT	740	825	730	650	360

Cədvəl 3. 18XIT markalı poladın 20°C-də mexaniki xassələri

Marka	Mexaniki xassələr						Termiki emalı
	Ölçüsü, mm	σ _B , MPa	σ _T , MPa	δ, %	Ψ, %	KCU, kC/m ²	
18XIT							
Məftil ГОСТ 4543-71	-	980	885	9	50	780	Tablandırma və tabəksiltmə
Nümunə	5	1520	1320	12	50	720	850°C-də yağda tablandırma, 200°C-də tabəksiltmə (havada)
Nümunə	20	980	730	15	55	1130	850°C-də yağda tablandırma, 200°C-də tabəksiltmə (havada)
Bərklilik- 217-229 HB							

Termiki möhkəmləndirmə zamanı isə austenitin çevrilmə temperaturu aşağı düşür, nəticədə mərkəzdə ifrat ferritin ayrılması bir qədər azalır və dispers quruluş-lu perlit (bəzən beynit) alınır. Yaymanın səthində kiçik en kəsikdə martensit strukturu alına bilər, lakin aşağı karbonlu poladlarda martensit çevrilməsinin başlanğıc nöqtəsi yüksək olduğundan alınan martensit öz-özünə tabəksiltməyə uğrayır. Bundan başqa, yaymanı sürətlə soyutduqda səthin temperaturu sonradan daxili qatdakı istilik hesabınabərabərləşir və alınan möhkəmləndirmə strukturunda öz-özünə tabəksiltmə baş verir. Sonra yayma üçün əlavə tabəksiltmə tələb olunmur və aparılan termiki emal ona bəs edir. Qeyd etmək lazımdır ki, termiki möhkəmləndirmə zamanı bu poladlarda tablandırma (yalnız nazik səthi qat) baş vermir. Bu da yuxarıda dediklərimizlə yanaşı, ifrat soyudulmuş austenitin dayanıqlığının aşağı və tablandırmanın böhran sürətinin yüksək olması ilə izah edilir. Göründüyü kimi termiki möhkəmləndirmədən sonra sərbəst ferrit az alınır və o dənələr ətrafında və daxilində iynəyəoxşar formalı nazik qatla şəklində ayrılır. Strukturun belə dəyişməsi uyğun olaraq, mexaniki xassələrin 1,3-1,5 dəfə artması-na və soyuqsınma zədələnməsinin aşağı düşməsinə səbəb olur. Bu da tikintidə 15-60% metala qənaət edir və qaynaq konstruksiyasının etibarlılığını artırır. Termiki möhkəmləndirilən poladların markalarında T hərfi yazılır.

Yüksəxromlu poladları əlavə nikellə legirlədikdə austenitli paslanmayan poladlar alınır və tərkibində 0,10-0,15% C, 18%Cr olan poladlarda austenit strukturu almaq üçün, ona 8-10% Ni vermək kifayətdir. Bununla bağlı, austenitli paslanmayan xromnikelli poladları 18-10 və ya 18-8 tipli poladlara aid etmək olar. Rəqəmlər xrom (18%) və nikelin (10 və ya 8%) miqdarını bildirir. Martensit nöqtəsi soyutma zamanı otaq temperaturundan xeyli aşağı, deformasiya zamanı isə yuxarı olur. Poladın kimyəvi tərkibindən asılı olaraq, martensit çevrilməsi 0-dan -190 °C-ə qədər dəyişə bilər. Qeyd etmək lazımdır ki, austenit stukturu almaq üçün, 18-8 poladı minimum miqdarda nikel tələb etdiyindən, iqtisadi cəhətcə əlverişlidir və istehsalatda geniş yayılmışdır.

Austenit sinifli poladların üstünlükləri, onların yüksək istismar xarakteristikaları (məhkəmlilik, plastiklik, bir çox işçi mühitlərdə korroziyadözümlülüyü və s.) və yaxşı texnoloji xassələridir. Ona görə də bu poladlar konstruksiya materialı kimi müxtəlif maşınqayırma sahələrində daha çox istifadə edilirlər. Yüksəxromlu paslanmayan poladlarda olduğu kimi, xromnikelli poladlar çoxsaylı dağıdıcı mühitlərə, xüsusi ilə atmosfer şəraitinə dözümlüdürlər. Korroziyadözümlülüyə molibden, mis, silisium əlverişli təsir göstərir. Molibden ümumi korroziyadözümlülü-yünün artırılmasına imkan verir, mis də bu istiqamətdə təsir edir. Korroziyaya dözümlülü-yünün aşağı düşməsinə əsas səbəb istismar şəraitində xloridlərin olmasıdır. Bu poladlarda yüksək miqdarda (25%-dən çox) nikelin olması, gərginlik altında onların korroziyadan çatlamasının qarşısını alır. Austenit sinifli poladların tərkibi və struktur vəziyyətindən asılı olaraq, dənələr ətrafında fazaların ayrılması ilə kövrəkləşmə baş verə bilər və kristallararası korroziyaya meyl artır.

Xromlu poladlarda (18%Cr) austenitin əmələgəlməsinə səbəb ola biləcək başqa elementlərdən manqan və azotu göstərmək olar. Lakin bir qayda olaraq manqan poladın korroziyadözümlülü-yünü pisləşdirir. Xromnikelli austenitli poladlarda başqa elementlərin-qatışıqların, karbon və poladlara xüsusi verilmiş molibden, niobium, titan və s. elementlərin olması, termiki emaldan sonra başqa bir çox fazaların və struktur təşkilədicilərinin yaranması ilə nəticələnir.

Qızdırma zamanı karbonun austenitdə tamamilə həll olması, tablandırmanın nəticələri ilə qeyd edilir və bu halda tablandırma bərkliyin artırılması üçün deyil, əksinə onun azaldılması üçün istifadə edilir. Austenitli poladları titan və niobium ilə stabilləşdirdikdə (legirlədikdə),

onların azot, oksigen və kükürdə kimyəvi yaxınlıqları nitrid, oksid və sulfid birləşmələrinin artmasına səbəb olur. Ona görə, stabilləşdiriləcək poladlarda daimi qatışıqların miqdarını azaltmaq tələb olunur, austenitli poladları tam stabilləşdirmək üçün əlavə verilən titanın miqdarı 5 dəfə, niobiumunkü isə 10 dəfə poladdakı karbonun miqdarından çox olmalıdır.

Poladlarda austenitləşdirici elementlərin miqdarı az olduqda, yüksəktemperaturlu qızdırma zamanı onlarda müəyyən qədər δ -ferrit yaranı bilər və o, soyutmadan sonra otaq temperaturuna qədər yaşaya bilər. Poladda δ -ferritin olması legirləyici elementlərin yenidən paylanmasına (austenitdə xrom çox, nikel az olur) səbəb olur ki, bu da korroziyadözümlülüyün dəyişməsi ilə nəticələnə bilər. Bu vaxt poladın texnoloji xassələri, xüsusi ilə plastikliyi pisləşir, δ -ferritin miqdarı 15%-dən çox alınarsa, isti plastiki deformasiya zamanı poladda çatlar və dağılmalar baş verə bilər.

Xromnikelli 18-10 tipli poladlarda nikelin miqdarı 9-12% arasında dəyişir və δ -ferrit yüksəktemperaturlu qızdırma zamanı əmələ gəlir. Poladda Cr/Ni nisbəti 1,8-dən çox olmazsa, yüksəktemperaturda belə 15%-dən çox δ -ferrit yaranı bilməz. Nikel, manqan, nikel, mis və karbon elementlərinin miqdarını tənzimləmək mümkündür. Austenitli poladlarda δ -ferritin olması arzu edilməz haldır. Xromlu poladlarda (18%Cr) austenitin əmələgəlməsinə səbəb ola bilər başqa elementlərdən manqan və azotu göstərmək olar. Lakin bir qayda olaraq manqan poladın korroziyadözümlülüyünü pisləşdirir. Xromnikelli austenitli poladlarda başqa elementlərin, qatışıqların, karbon və polad xüsusi verilmiş molibden, niobium, titan və s elementlərin olması, termiki emaldan sonra bir çox fazaların və struktur təşkilədicilərinin yaranması ilə nəticələnir. Bu tip poladlar adətən tablandırılmış (1050-1100 °C) vəziyyətdə istehsal olunurlar. Qızdırma zamanı karbonun austenitdə tamamilə həll olması, tablandırılmanın nəticələri ilə qeyd edilir. Bu halda tablandırma bərkliyin artırılması üçün deyil, əksinə onun azaldılması üçün istifadə olunur.

Beləliklə, bütün austenitli poladlarda, austenit strukturu otaq temperaturunda özünü karbonla ifratdoymuş bərk məhlul kimi göstərir. Qızdırma zamanı 450-700 °C-ə qədər, austenitdən Cr₂₃C₆ xrom karbidi ayrılır və polad kristallararası korroziyaya dözümlülüyünü itirir (ferritli poladlarda səbəbi aydın izah edilmişdir).

TƏDQİQATIN NƏTİCƏLƏRİ

1. Austenit sinifli poladların üstünlükləri, onların yüksək istismar xarakteristikaları (möhkəmlik, plastiklik, bir çox işçi mühitlərdə korroziyadözümlülüyü və s.) və yaxşı texnoloji xassələridir.
2. Bu tip poladlar adətən tablandırılmış (1050-1100 °C) vəziyyətdə istehsal olunurlar. Qızdırma zamanı karbonun austenitdə tamamilə həll olması, tablandırmanın nəticələri ilə qeyd edilir və bu halda tablandırma bərkliyin artırılması üçün deyil, əksinə onun azaldılması üçün istifadə edilir.
3. Austenit sinifli poladlardan hazırlanmış məmulatlar soyuq deformasiya ilə möhkəmləndirilir və tabəksiltməyə uğradılır. Plastik deformasiya zamanı austenit sinifli poladlarda martensit nöqtəsi, deformasiya temperaturundan yuxarıda dayanır, deformasiya martensiti yaranır. Belə poladlar metastabil austenit sinifli poladlar adlanır, deformasiya martensiti əlavə olaraq poladı möhkəmləndirə bilər, çox yarıda isə plastikliyi azalır.
4. Konstruksiya və alət poladlarının termiki emal təsürbəsində ən çox və tez-tez austenitləşdirməyə balıngıc strukturu kristalloqrafik nizamlanmamış ferrit-karbid qarışığından (ferrit-perlitli, perlitli, ifrat karbide malik perlitli və s) ibarət olan poladlar uğradılır.

5. Poladı böhran temperaturundan yuxarı qızdırdıqda polimorf çevrilməsi baş verir və bu zaman austenit rüseymləri yerdəyişmə mexanizmi ilə yarandığından, proses, faza çevrilməsi zamanı pərçimlənən austenitin rekristallaşma rejiminə uyğun gedir.
6. Austenit sahəsində temperaturun yüksəlməsi və saxlama vaxtının artırılması, austenit dənəsinin böyüməsinə səbəb olur. Austenitin yığıcı rekristallaşmasının hərəkətverici qüvvəsi, sistemin səth enerjisinin, dənələrin sərhədlər boyu əhatəsinin azaldılması yolu ilə, aşağı salınmasına çalışmaq lazım deyil. Poladların çoxun-da austenitin xırda dənəli alınması zəruridir, çünki dənələr nə qədər xırda olarsa, poladın möhkəmliyi, kövrək sınımaya müqaviməti və bir çox başqa xassələri o qədər yüksək alınır.
7. Beləliklə, bütün austenitli poladlarda, austenit strukturu otaq temperaturunda özünü karbonla ifratdoymuş bərk məhlul kimi göstərir.
8. Soyuyq yayma başa çatdıqdan sonra, polad bilavasitə austenit vəziyyətindən sürətlə soyudulur, nəticədə adi istiyayılan poladdan fərqli olaraq, austenitin aşağı temperaturlu parçalanma strukturu alınır.

İSTİFADƏ OLUNAN ƏDƏBİYYAT

- [1] V.F.Gakhramanov, "Diffusion chroming and carbochroming of stamping steels", Oil and gas business. Scientific and technical journal, Founder: FGBOU VO Ufa State Petroleum Technical University, 3, No. 19, pp.121-127, 2021
- [2] V.F.Gakhramanov, E.A.Aslanov, "Influence of preliminary oxidation on the process of nitriding of iron alloys", Mechanics of Machines, Mechanisms and Materials. Scientific and technical journal, No. 2(55). pp. 33-38, 2021.
- [3]. V.F.Qəhrəmanov, "Yüksəktemperaturlu ter-momexaniki emalda bə-ruların sıxılmış hava ilə soyudulmasının texno-logiyasının araşdırılması" No. 2 pp. 56-59, 2020.
- [4] V.F.Gakhramanov, E.A.Aslanov, "Формирование пластичного хромированного слоя большой глубины" , Механика. Исследования и инновации. Меж-дународный сборник научных трудов. Гомель, pp. 33-38, 2021.
- [5] V.F.Gakhramanov, F.R.Rasulov, A.F.Rasulzade, Q.N.Akhundov "Mathematical evaluation of formation of coated casting", Proceedings of the 8 th International Conference on Control and optimization with industrial applications, Volume II, pp. 56-59, 2022.

UDC: 65/625

BRIDGE THAT CAN BE CREATED IN KHIRDALAN CITY, TRAFFIC FLOW CHANGE APPROACH AND NUMERICAL AND COST OPTIMIZATION

KHAZAR R. NAJIMBAYLI

Baku Engineering University, Hasan Aliyev str., 120 AZ0101,
Khirdalan, Absheron, Azerbaijan
xanacimbayli@beu.edu.az

ELVIN E. ASGAROV

Baku Engineering University, Hasan Aliyev str., 120 AZ0101
Khirdalan, Absheron, Azerbaijan
eesgerov2@std.beu.edu.az

ABSTRACT

Taking into consideration that the entrance and exit to Khirdalan city are currently unidirectional in nature, a comprehensive evaluation was conducted to explore the feasibility of introducing an additional exit point to the settlement. An initial objective of the analysis is to alleviate the direct traffic burden originating from Khirdalan settlement and directed toward the M1 roadway (which connects Baku and Sumgait). Specifically, the aim is to redirect between 30 and 40 percent of the traffic volume to an alternative exit. During the examination, it was deemed that the bridge presented itself as the optimal choice. This article investigates the succinct particulars pertaining to the developmental phases intrinsic to the construction of a bridge. The total cost of constructing the bridge at an optimal cost was determined by accounting for the expenses associated with the requisite stages encompassing all the three modules. The present discussion also encompasses a numerical optimization methodology.

Keywords: Bridge approach, Congestion, Numerical optimization, Bridge planning, Bridge proposal.

XIRDALAN ŞƏHƏRİNDƏ YARADILA BİLƏCƏK KÖRPÜ, NƏQLİYYAT AXININ DƏYİŞMƏSİ YANAŞMASI VƏ RƏQƏMSAL VƏ XƏRC OPTİMİZASYASI

XÜLASƏ

Hazırda Xirdalan şəhərinə giriş-çixışın bir istiqamətli olması nəzərə alınaraq qəsəbəyə əlavə çıxış məntəqəsinin salınmasının məqsədəuyğunluğunun araşdırılması məqsədilə kompleks qiymətləndirmə aparılmışdır. Təhlilin ilkin məqsədi Xirdalan qəsəbəsindən yaranan və M1 avtomobil yoluna (Bakı və Sumqayıt birləşdirən) istiqamətlənmiş birbaşa nəqliyyat yükünü azaltmaqdır. Konkret olaraq, məqsəd trafik həcminin 30-40 faizini alternativ çıxışa yönləndirməkdir. Araşdırma zamanı körpünün özünü optimal seçim kimi təqdim etdiyi hesab edilib. Bu məqalə körpünün tikintisinə xas olan inkişaf mərhələlərinə aid qısa təfərrüatları araşdırır. Körpünün optimal qiymətə tikintisinin ümumi dəyəri hər üç modulu əhatə edən zəruri mərhələlərlə bağlı xərclərin uçotu ilə müəyyən edilmişdir. Hazırkı müzakirə həm də ədədi optimallaşdırma metodologiyasını əhatə edir.

Açar sözlər: Körpü yanaşması, Tıxac, Rəqəmsal optimallaşdırma, Körpünün planlaşdırılması, Körpü təklifi.

МОСТ, КОТОРЫЙ МОЖЕТ БЫТЬ СОЗДАН В ГОРОДЕ ХИРДАЛАНЕ, ПОДХОД ИЗМЕНЕНИЯ ТРАНСПОТОКОВ И ЧИСЛЕННАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СТОИМОСТИ

АННОТАЦИЯ

Принимая во внимание, что въезд и выезд в город Хырдалан в настоящее время носят односторонний характер, была проведена комплексная оценка для изучения возможности создания дополнительной точки выезда в поселок. Первоначальной целью анализа является снижение нагрузки на прямое транспортное движение, исходящее из поселка Хырдалан и направляющееся к автомагистрали M1 (которая соединяет Баку и Сумгаит). В частности, цель состоит в том, чтобы перенаправить от 30 до 40 процентов объема трафика на альтернативный выход. В ходе экспертизы было признано, что мост оказался оптимальным выбором. В этой статье исследуются краткие сведения, относящиеся к этапам развития, присущим строительству моста. Общая

стоимость строительства моста по оптимальной стоимости определена путем учета затрат на необходимые этапы, охватывающие все три модуля. Настоящее обсуждение также охватывает методологию численной оптимизации.

Ключевые слова: Подход к мосту, перегруженность, численная оптимизация, планирование моста, предложение по мосту.

1. INTRODUCTION

The vast majority of structural optimization papers deal with the minimization of the structure's weight. Although the weight of a structure is a significant part of the cost, the ultimate goal for optimal use of available resources is cost minimization.[3] The optimization problem for concrete structures should be formulated as a cost minimization problem because different materials are involved. In contrast, the optimization problem for steel structures can be formulated as a weight minimization problem. In addition, 3 dimensions should be taken into account in the area where the bridge will be built [9]. Scientific, social and technological, through these dimensions, the presence of residential areas will not be disturbed, it will add value to the economy and the main topological compatibility of the place where the bridge will be created is taken into account. Also, the composition analysis of the concrete bridge and many procedures are investigated within these 3 dimensions. It is worth noting that deterioration of bridges as a result of environmental impacts has been shown to have a negative effect on the stability and service life of bridges. The rate of decline depends not only on material properties, but also on environmental conditions.[7] This article has touched on these topics to some extent. We can find few journal articles on cost optimization of very realistic three-dimensional structures. Thus, there is a need for research on cost optimization of realistic three-dimensional structures, especially large structures with hundreds of members where optimization can result in significant savings.[1] The results of such research efforts will be of great value to practicing engineers.

It is also useful to look at the preliminary details about the investigated place. It is one of the biggest traffic jams in the direction of Baku-Sumgait.

"The Baku-Sumgayit road is not only used to go to Sumgayit. Also, all cars entering Baku from the northern direction travel on this road. Besides Sumgayit, cars also enter Baku from the direction of Guba-Gusar zone and Shamakhi [10].

In the morning and evening rush hours, the traffic jam covers Khirdalan circle and beyond. The residents of Khirdalan have only one exit to the city. This exit is the exit to the M1 highway, that is, the Baku-Sumgait road. For the purpose of analysis, I came from Baku Engineering University to Heydar Eliyev Street and continued on my way by bus number 515. I rated only 500-700 meters of the 2.2 kilometer section of the road as good, and the other half as good. is sufficiently appreciated. Roads after "Bridge-Construction " LLC were evaluated. Analyzes were continued from "KBT" LLC to the M4 highway. The bridge proposed in this article will be developed under short headings. It covers processes from initial planning to cost optimization. Other cases are not touched because they require precise calculations. In addition, it is worth noting that structural design optimization is also carried out in addition to low-cost and numerical optimization methods. However, without touching on this topic, we decided to mention, albeit briefly, the tasks of structural design optimization in order of increasing complexity[2]:

- Optimizing the cross-sectional size (and shape) for individual structural elements such as beams and columns or the thickness of continuous material such as panels or floor slabs. This is often called size optimization.

- Shape optimization, different placement of nodes or joints and definition of lines, curves and surfaces that describe the structural shape.
- Topology optimization that changes the configuration and connection of members or material.

2. RESEARCH METHOD

Bridge approach. A bridge serves as a connection between two locations that would otherwise be separated by specific circumstances, claim Supriyadi and Muntohara in 2007 [1]. The requirement for transportation, technical issues, aesthetic-architectural concerns, including movement, technical features, and aesthetic elements should all be taken into consideration while planning and building the bridge. The superstructure, surface, substructure, foundation, and abutment are just a few of the parts that make up a bridge. Other bridge components include the beam, abutment, column, and floor slab in addition to the bridge pieces. The abutment is the post on which the bridge rests.

The bridge is first planned, and social, scientific, and technological aspects should all be taken into consideration. Some substantial bridges, like the one across the Ganges or Brahmaptura in India, are advantageous to the nation as a whole. Another is the bridge connecting Japan's islands, Honshu-Shikoku. Three dimensions—scientific, social, and technological—are utilized in the bridge's development[9]. In other words, scientists use the interactions between elements to explain, engineers use technology to do chemical analyses there, and they watch and study how a structure behaves dynamically by bringing in new substitute materials. Through mathematical computations, forces and stresses are computed. Following construction, there may be a number of social issues connected to the environment, pollution, and noise. The bridge is utilized because it offers more than just movement; it also has a social component.

Different planning stages in bridge construction. The following are the key phases in bridge building planning: 1. Bridge Needs Analysis 2. Traffic Analysis 3. Site Analysis 4. Experimentation a) Alternatives Analysis b) Feasibility Analysis 5. Initial Engineering a) Development plans; b) preliminary design and pricing; and c) alternative evaluation, risk analysis, and final selection 6. Comprehensive Project Report 7. Application [9].

Traffic evaluation for bridge construction is carried out in three areas, the number of lanes on the road or railway, geometric design parameters, and benefits to society. Two approaches were evaluated during the analysis. Another third approach is briefly explained below.

Characteristics of geometric patterns. Getting a clear picture of how growth tactics such as agricultural, industrial and business development affect traffic patterns requires in-depth data collection. The early stages of bridge construction require significant investments. Minor modifications and repairs after completion are not recommended. Therefore, it is recommended to introduce a design that considers future capacity requirements and traffic variables. The following factors should be considered when conducting a traffic evaluation study: An economist or a traffic manager is primarily used to do this.

- Distribution of light and heavy vehicles in the stream
- Required maximum and minimum speeds
- Differences in annual growth rates
- The planned life of the range

Preliminary plan for bridge construction. Wilson (2005) defined value engineering as a systematic, organized effort to analyze system, product, and service functions with the goal of achieving or implementing a key function at the lowest life-cycle cost while maintaining required performance, reliability, quality, and safety[5]. Life cycle cost is a life cycle cost model to demonstrate the total cost of ownership for each building component, subsystem, functional region and maintenance cost. This planning phase can be described as a technical and economic feasibility study. Here, the technical details associated with the construction of the bridge are studied in detail and all possible alternatives for continuing construction are presented. Essentially, we find that the total cost of the project at this planning stage is plus or minus 15% of the estimated cost. A minimum of field surveys and measurements, a site survey, and relevant parameters should be conducted to complete the technical survey. This bridge construction site record should have the following tabular content:

Total length of the bridge. Length of access roads, detours if necessary, corresponding savings, expected traffic, and distance from the site to the nearest town.[8] Estimated duration of bridge projects, type of flow to construction site, type and behavior of foundation soil layers. Problems in the construction of bridges and roadways. Maintenance of bridges and driveways as required. Internal rate of return or value of money damage to the ecosystem.

3. NUMERICAL OPTIMIZATION OF CONCRETE BRIDGES

Since our natural resources are limited, we should try to use them optimally. Using optimization methods in structural design is a step in this direction. Some examples of optimization in high-profile projects and the recent increase in structural design practice are still not common [6]. Using optimization methods in structure design is a step in this direction.

In addition, optimization increases automation in the design process, which together leads to the following advantages:

- A satisfactory design can be found in a shorter time.
- Costs or environmental impact can be kept to a minimum.
- Confidence that our designs are optimal can be increased.
- The risk of human error in the design process can be reduced.

Optimization and design automation also provide a unified approach to structural design. This is because the process is not random. The same initial conditions for a particular objective always lead to the same design.[8]

With this in mind, the question may be raised as to why optimization techniques are not used more, and some possible reasons are:

- 1) Most structural optimization studies deal with weight minimization, which is not necessarily minimum cost, especially not for bi-material reinforced concrete.
- 2) Optimization can make a big difference for large and complex structures, but the small number of papers that focus on cost optimization rather than weight optimization mainly deal with simpler problems such as single structural element optimization.
- 3) Structural engineers must manage the design process. Non-quantifiable characteristics such as aesthetic appeal can play a significant role in design selection, and optimization algorithms do not take this into account. These reasons have one thing in common:

User's requirements are not met. Adeli and Sarma (2006) discuss the first and his second reason. They emphasize the need for research on cost optimization of realistic his 3D structures, especially for large structures.[1] They conclude that such research would be of great value to practical engineers. We also discuss automated design and conclude that fully automated structural design and cost optimization requires the application of large-scale design techniques. Templeman (1983) discusses his third reason, emphasizing that optimization techniques should assist engineers rather than take over their design process.[1] One way he achieves this is through optimization so that designers are presented with a number of the best designs to choose from or take inspiration from. It is also important that optimization software offers designers the opportunity to adapt the optimization problem to real-world conditions. A typical optimization process fits inputs to a function or process with the goal of minimizing or maximizing the output value. The function to be optimized is commonly called the objective function or cost function, and the set of input values is called the solution. can be mathematically formulated as an optimization problem.

$$\text{minimize } f_i(\mathbf{x}), i = 1, 2, \dots, M, (1)$$

subject to the constraints

$$g_j(\mathbf{x}) = 0, j = 1, 2, \dots, J, (2)$$

$$h_k(\mathbf{x}) = 0, k = 1, 2, \dots, K, (3)$$

where $f_i(\mathbf{x})$, $g_j(\mathbf{x})$, and $h_k(\mathbf{x})$ are functions of the design vector

$$\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_d), \mathbf{x} \in R^D (4)$$

The design variables are denoted by the components x_i of the design vector. The Objective function, manifesting as function $f_i(\mathbf{x})$, correspond to the mathematical expressions that determine the optimization criteria. Furthermore, the constraints in the context of mathematical optimization, encompassing both inequalities $g_j(\mathbf{x})$ and equalities $h_k(\mathbf{x})$, refer to the bounds imposed on the admissible value of the design variables.[6]

The focal point of interest in optimization problems is referred to as the Objective function. This term encapsulates the mathematical formula used to determine the optimal solution to a given problem. The Objective function typically involves identifying an optimal solution that maximizes or minimizes a particular output or outcome, while taking various constraints and limitations into account. It serves as a crucial component of the optimization process, providing a clear and systematic means of identifying the optimal solution Within a given set of parameters. A sound understanding of the key characteristics and principles of Objective function is paramount to achieving effective and efficient optimization solutions.

The Objective function is a quantifiable depiction of the procedure for which optimum input value are being sought. Consequently, the quantity to be optimized is delineated by the resultant value of the Objective function.

The optimization problem's dimensionality is contingent upon the quantity of design variables, such that the presence of n variables corresponds to an n -dimensional problem. A simple problem that involves only two design variables can be effectively illustrated through the means of a surface plot, as depicted in Figure 1. Figure 1 typically refers to a cost surface or landscape Within the academic discourse. Within the context of the discussed plot, every individual set of x and y -coordinates denotes a distinct entity in the designated search domain, whilst the

corresponding z-coordinate symbolizes the numerical output of the Objective function. at that precise location. Objective function. typically exhibit multiple local optima, with a single global optimum being the superior optimal value. The concept of optimal outcomes is contingent upon the type of extremum desired, either a minimum or maximum value of the given function.

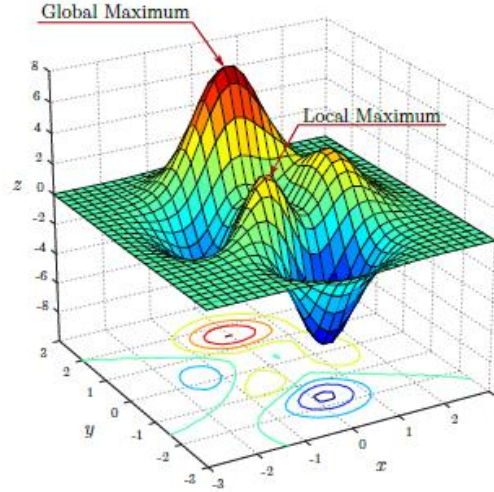


Figure 1: The objective function of a two-dimensional optimization problem visualized as a cost surface. The search space is defined by $x \in [-3, 3]$ and $y \in [-3, 3]$. [6, p.7]

Optimization problems can be classified according to their constraints. Problem unconstrained is an unconstrained optimization problem, Constraints is a constraint optimization problem most optimization algorithms. Works best with unconstrained variables, but constraints often exist. Linear constraints are much easier to work with because they directly impose a forbidden region and narrow the search space. Nonlinear constraints, on the other hand, are more difficult to work with. Three methods have traditionally been used to handle them:

- Direct method
- Penalty law
- Lagrangian multiplier method

The penalty method is prevalent and it is more often than not more effective than the coordinate approach.[4] The fundamental guideline is that once a arrangement does not fulfill the limitations, it is given a punishment esteem that's included to the objective work. The penalized objective work can at that point be defined as

$$\Pi(x, \mu, \nu) = f(x) + P(x, \mu, \nu) \quad (5)$$

where $f(x)$ is the objective function and $P(x, \mu, \nu)$ is the *penalty term*. The penalty term has several popular definitions, one of them is

$$P(x, \mu, \nu) = \sum_{j=1}^J \mu_j \max(0, g_j(x))^2 + \sum_{k=1}^K \nu_k |h_k(x)|, \quad (6)$$

where $\mu_j > 0$ and $\nu_k > 0$ are the *penalty factors*. Another popular definition of the penalty term is

$$P(x, \mu, \nu) = \sum_{j=1}^J \mu_j H_j[g_j(x)]g_j^2(x) + \sum_{k=1}^K \nu_k H_k[h_k(x)]h_k^2(x), \quad (7)$$

where $\mu_j > 0$ and $\nu_k \gg 1$. The factors $H_j[g_j(x)]$ and $H_k[h_k(x)]$ fulfill the conditions

$$H_j[g_j(x)] = \begin{cases} 0 & \text{if } g_j(x) \leq 0, \\ 1 & \text{otherwise,} \end{cases}$$

$$H_k[h_k(x)] = \begin{cases} 0 & \text{if } h_k(x) = 0, \\ 1 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (8)$$

To simplify the implementation, we can use $\mu = \mu_j$ for all j and $\vartheta = \vartheta_k$ for all k . In

this case, the penalized objective function of Eq. 2.1 can be written as

$$\Pi(x, \mu, \nu) = f(x) + \mu \sum_{j=1}^J H_j[g_j(x)]g_j^2(x) + \nu \sum_{k=1}^K H_k[h_k(x)]h_k^2(x). \quad (9)$$

In the aforementioned context, it is apparent that the duration of penalties is commensurate with the degree of transgression against imposed restrictions. Ordinarily, the occurrence of a significant transgression of imposed constraints warrants a rigorous corrective measure to steer the optimization process away from unfeasible regions in the search domain. Moreover, Mezura-Montes and Coello (2011) expounded in their audit that it may be efficacious to allow the penalty variables to evolve over time during the optimization process. Thus, it is important to note that substantial arrangements that have exceeded the established [6] Boundaries will not necessarily be forfeited at the initial stages of the optimization process. Regardless of the circumstance, the repercussions associated with a breach of constraints are expected to intensify over time. Consequently, the optimization algorithm will only designate viable solutions for consideration in due course. In addition to the three conventional strategies previously discussed, several novel constraint-handling strategies have emerged, including feasibility rules, stochastic ranking (Runarsson and Yao, 2000), and the constrained method [4]. In this article we will not discuss about those topics.

4. COST OF BRIDGE OPTIMIZATION

This region briefly covers the headway of program for bridge optimization. The foremost reason of the application isn't to calculate the exact arrange or veritable regard, but to supply the originator with a rapid and great course of action, showing up the proper course.

1)Structural examination to get fitting inner strengths and moments.2)Reinforcement plan and cross segment confirmation. 3)Calculation of taken a toll counting fabric and labor costs

These three modules constitute the objective function of the optimization issue and are executed within the sequence described over. The optimization handle is separated into the over 3 modules. To start with, an optimization demonstrate is built with plan factors, predefined parameters, objective work, and limitations.

The third and final stage of the objective function is the calculation of the total cost of the bridge, which can only be done after the design of the reinforcement. Calculated as total cost,

$$C = C_{super} + C_{piers} + C_{slabs} + C_{piles}, \quad (10)$$

where C_{super} superstructure cost, C_{piers} piers cost and base slabs cost are calculated according to C_{slabs} .

$$C_i = V_{c,i}c_{c,i} + V_{s,i}c_{s,i} + A_{f,i}c_{f,i}, \quad (11)$$

and the cost is calculated according to C_{piles}

$$C_{piles} = L_{piles}c_{piles}. \quad (12)$$

In these equations, the index i represents the structural part i (superstructure, piers or foundation slabs); V_c , V_s and A_f are the concrete volume, steel volume and formwork area, respectively; c_c , c_s , and c_f are the unit costs for concrete, steel, and formwork, respectively; L_{piles} is the length of the piles; and c_{piles} is the unit value of piles. The cost of foundation slabs also includes excavation and backfill material.

The volume of excavation is estimated to be approximately 150% of the volume of the foundation slab, and the volume of backfill material is estimated to be approximately the same as the volume of the foundation slab.

The amounts V_c , V_s and A_f of the superstructure are calculated by numerical integration with the trapezoidal run the show. This implies that the direct variety of the cross-sectional amounts (concrete region, steel region and border) is expected. Unit costs incorporate c_c , c_s , c_f , and c_{piles} fabric and labor costs, and the evaluated values of these costs are displayed in Table 1. Parts of the bridge evacuated from the optimization show are moreover prohibited within the fetched calculation. Hence, docks, side pillars, asphalt and different gear (eg lighting, rail, clamor boundary, etc.) are not included within the fetched calculation.

Table -1: Considered unit costs for the cost calculation. Costs for labor and material are included. A cost of 500 SEK/h was used for the labor. [6, P.28]

Description	Cost	Unit
Concrete: material C32/40	1700	SEK/m ³
Concrete: material C35/45	1800	SEK/m ³
Concrete: material C50/60	2000	SEK/m ³
Concrete: labor of bridge deck (1.5 h/m ²)	750	SEK/m ³
Concrete: labor of piers (1.75 h/m ²)	875	SEK/m ³
Concrete: labor of foundation slabs (0.75 h/m ²)	375	SEK/m ³
Formwork: material	500	SEK/m ²
Formwork: labor of bridge deck(1.5 h/m ²)	750	SEK/m ²
Formwork: labor of piers (2 h/m ²)	1000	SEK/m ²
Formwork: labor of foundation slabs (0.75 h/m ²)	375	SEK/m ²
*SEK is the Swedish unit and 100 SEK = 9 \$		

Description	Cost	Unit
Reinforcement: material	9	SEK/kg
Reinforcement: labor of bridge deck (30 h/ton)	15	SEK/kg
Reinforcement: labor of piers (27.5 h/ton)	13.75	SEK/kg
Reinforcement: labor of foundation slabs (17.5 h/ton)	8.75	SEK/kg
Concrete piles SP1	450	SEK/m
Concrete piles SP2	550	SEK/m
Concrete piles SP3	700	SEK/m
Steel core piles Ø90	3500	SEK/m
Steel core piles Ø100	4250	SEK/m
Steel core piles Ø120	4750	SEK/m
Steel core piles Ø150	5500	SEK/m
Excavation for foundation slabs	150	SEK/m ³
Refill material for slabs	200	SEK/m ³
*SEK is the Swedish unit and 100 SEK = 9 \$		

5. CONCLUSION

The area of Khirdalan was viewed from the map and based on real analyses. There is a suitable trajectory for bridge construction at the mentioned location. In the article, using cost and numerical optimization, along with analysis, a general calculation formula for cost was obtained, and an approximate labor and material cost calculation table was obtained, and in numerical optimization, the objective function was obtained using the penalty method. From the formulas used in cost optimization, the optimal cost for the bridge to be built from Khirdalan to Baku-Shamakhi highway can be calculated.

Before the optimal cost can be calculated, it is necessary to conduct a modeling design. The number of design variables should be minimized because it greatly affects the number of iterations to find the optimal solution and the objective function will be computationally expensive. In the article, research was conducted on purely cost numerical optimization, planning, and the importance of the bridge proposal was emphasized by investigating the area. In the process of building a bridge, it was only 1 of the 3 methods to use the penalty, which was more optimal than the others. If the bridge is built, 30-40% of the population of Khirdalan will use this road. On the other hand, optimizations other than cost optimization should be carried out, and these processes can be controlled by GIS and civil engineering and design specialists, who can look and make calculations, and finally use the numerical and cost optimization method. And finally, the social factor dimension, which is only one of the 3 methods, was taken into account in the planning process.

REFERENCES

1. Adeli, H., Sarma, K. C., Cost optimization of structures: fuzzy logic, genetic algorithms, and parallel computing. John Wiley & Sons, 2006
2. Baldock, R. Structural optimization in building design practice: case-studies in topology optimization of bracing systems. Thesis 2007
3. Behrooz Farshi, Ali Alinia-ziazi, Sizing optimization of truss structures by method of centers and force formulation 2010 <https://doi.org/10.1016/j.ijsolstr.2010.05.009>
4. Deb, K., 2000. An efficient constraint handling method for genetic algorithms. Computer methods in applied mechanics and engineering 186 (2), 311–338. [https://doi.org/10.1016/S0045-7825\(99\)00389-8](https://doi.org/10.1016/S0045-7825(99)00389-8)
5. K. Ilayaraja and MD. Zafar Eqyaabal. Value Engineering in Construction 2015 doi: 10.17485/ijst/2015/v8i32/87285
6. Samir, E.M. (2016). Development of Software for Design Automation and Cost Optimization, Optimization of Concrete Beam Bridges p 6-9, 27-28.
7. Hung P. Thach , Long D. Nguyen and Viet Thanh Nguyen (2022) Exploratory study of climate conditions on bridge useful life [https://doi.org/10.14455/ISEC.2022.9\(1\).Ref_ID](https://doi.org/10.14455/ISEC.2022.9(1).Ref_ID)
8. Wilson, D.C. NCHRP Synthesis 352: Value Engineering Applications in Transportation. A Synthesis of Highway Practice, Transportation Research Board. Washington D. (2005)
9. <https://www.hashmicro.com/blog/how-is-the-planning-of-a-bridge-construction-process/>
10. <https://demokrat.az/az/news/129984/baki-sumqayit-yolunda-tixac-problemi-nece-hell-oluna-biler>

UOT:622.245.7

YERALTI TUNELİN İNŞAATINDA ETİBARLIQ QIYMƏTLƏNDİRMƏSİ

Nicat MƏSTANZADƏ, Həqiqət RÜSTƏMOVA

Bakı Mühəndislik Universiteti

Bakı, Azərbaycan

nmastanzada@bmu.edu.az, heqiqet_rustemova@mail.ru

XÜLASƏ

Məqalədə yeraltı qurğularına təsir edən qüvvələr araşdırılmışdır. O cümlədən qrunnt yükü, qrunnt təztiqi və seysmik qüvvəsi araşdırılmışdır və hesablama sxemi qəbul edilmişdir. Tunelin ardıcıl qurğuların birləşməsindən qurulmuş bir tərəfli sistem şəklində qəbul edilməsi və etibarlılığı məsələsinin qoyuluşu verilmişdir. Tunellərin etibarlılığı və uzunömürlüliyünün hesablamasına aid mövcud normativ sənədlər araşdırılmışdır. Ehtimal nəzəriyyə aparatını istifadə edərək tunelin istisamar zamanı etibarlılığı və imtina etmə sayısı hesablanma metodikasına baxılmışdır.

Açar sözlər: tunel qurğusu, divar örtük qurğusu, qurğunun imtina etməsi

RELIABILITY OF THE UNDERGROUND TUNNEL STRUCTURES

ABSTRACT

The article investigated the forces affecting underground structures. Among other things, the soil load, soil pressure and seismic force were studied and the design scheme was adopted. A question was asked about the acceptance and reliability of the tunnel in the form of a one-way system built from the connection of serial devices. The existing standards and norm documents related to the calculation of the reliability and durability of tunnels have been investigated. The method of calculating the tunnel reliability and the number of operation failures using the probability theory apparatus was considered.

Keywords: tunnel structure, tunnel wall arrangement, design failure

НАДЕЖНОСТЬ ПОДЗЕМНЫХ ТУННЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

АННОТАЦИЯ

В статье исследованы силы, влияющие на подземные сооружения. В том числе были исследованы грунтовая нагрузка, давление грунта и сейсмическая сила, принята расчетная схема. Поставлен вопрос об исследовании надежности туннеля в виде односторонней системы, построенной из соединения последовательных конструкций. Исследованы существующие нормативные документы, касающиеся расчета надежности и долговечности туннелей. Была рассмотрена методика расчета надежности туннеля и количества отказов при эксплуатации с использованием аппарата теории вероятностей.

Ключевые слова: устройство туннеля, устройство обделки туннеля, отказ конструкции

Giriş

Yeraltı qurğular (metro konstruksiyaları, tunellər, su-kanalizasiya boruları, su anbarları və s.) mexanikanın ən mürəkkəb hesablama tələb olunan qurğularıdır. Ona görə ki, bu qurğular birtərəfli rabitəli qurğulardır. Yeraltı qurğular qrunntun içərisində (əhatəsində) olduğu üçün onlara təsir edən qüvvə (istər statik qüvvə, istərsə də dinamik, yaxud seysmik qüvvə) bu qurğuları qrunnta tərəf itələdikdə qurğu təsirə məruz qalaraq işləyir, əks tərəfə itələdikdə isə qurğu işləmir, yəni birtərəfli rabitə sıradan çıxır. Bunun nəticəsində, qurğunun sərtliyi dəyişir. Bu isə hesablamanın nəticəsinə böyük təsir edir. Bu hesablama dinamik və seysmik hesablama zamanı böyük effekt yaradır. Analitik hesablama ilə yanaşı sınaq üsulunu (eksperimental metodu ilə) tətbiq etmək vacibdir. Belə olduqda, hesablamanın dəqiqliyinə nəzarət etmək olur. Mövcud yeraltı tunel qurğuların ağır iqlim və geoloji şəraitdə istismarı göstərir ki, çox sayda tunellərin

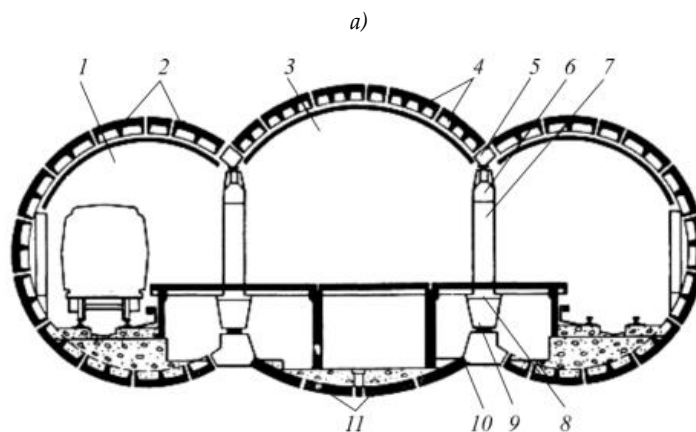
divar qatı qrunut suları, donma, sürüşmə kimi faktorların altında dağılmaya məruz qalırlar. Beləliklə, tunel qurğusunun divar möhkəmliyinin təmini problemi yaranır. Bu, yeraltı qurğunun istismarında etibarlıq qiymətləndirməsini irəli çəkir. Buna görə tunel istismarında effektivliyinə və hazırlıq səviyyəsinə fərqli faktorların təsirinin kəmiyyət qiymətləndirməsini əsas tutmaq gərəkdir. Bunun hesablaması bu gün normativ sənədlər və standartlarla təmin edilir [1-5].

Yeraltı tunel qurğuların hesablama sxemi

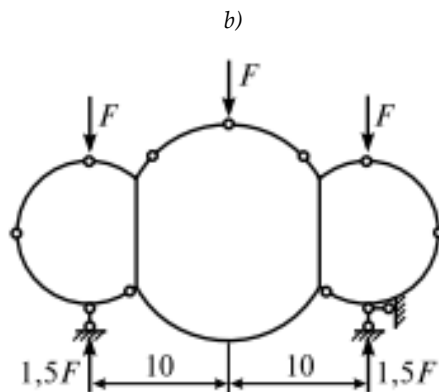
Yeraltı tunel qurğularının şəhər içində ən böyük olan metro tunel qurğuları sayılır. Onun hesablama sxemi qurğunun en kəşik sxemi kimi qəbul edilir (şəkil 1 a, b). Tək keçidi olan tunellər nal şəkilli, dairəvi və dördbucaq şəklində ola bilər (şəkil 2 a,b,c) [5]. Qrunut modeli kimi çox zaman Vinkler modeli qəbul edilir. Yeraltı qurğuya dəstək verən konstruksiyaya örtük qurğusu deyilir. Əgər qrunutlar qeyri sabitdirsə üzlük qurğusu bütün qurğu konturu boyu inşa edilir. Divar örtük qurğusu ayrı seqmentlərdən yığılır. Bu seqmentlər 6 - 9 arası sayda dəyişə bilər. Seqmentlər dəmir tyubinq və ya dəmir-betondan hazır edilir. Tunel hesablama sxemi, təsir edən qüvvələr və qrunutla bağlantı modeli şəkil 3-də göstərilmişdir. Ətraf qrunut bir-biri ilə bağlı olmayan yay sistemi ilə əvəz edilir. Yayların sərtliyi aşağıdakı şəkildə hesablanır:

$$D = kb \frac{s_1 + s_2}{2}, (1)$$

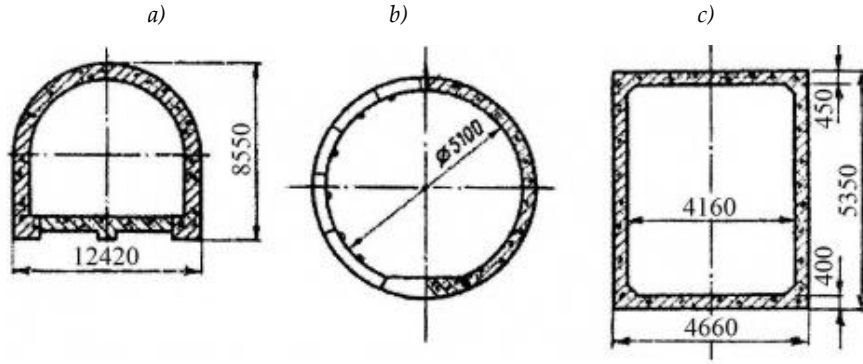
burada b -divar örtüyünün eni (hesablamada $b=1$ kimi qəbul edilir); s_1 və s_2 -yay dayaq nöqtəsindən sağ və sol tərəfə yönlü çoxbucağın uzunluqlarıdır; k -qrunutun Vinkler əmsəlidir.



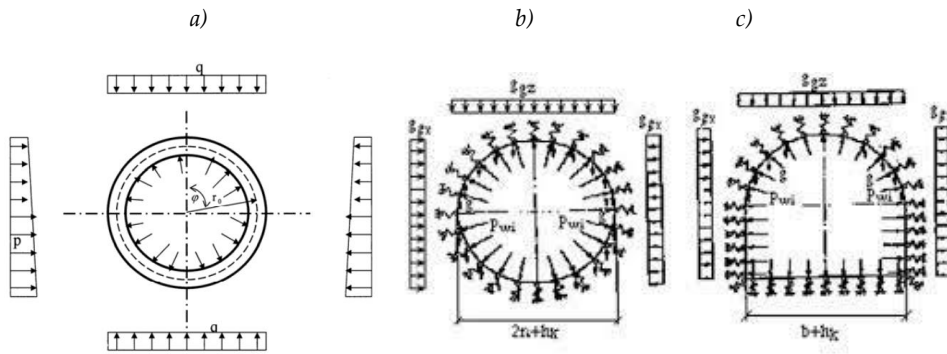
Şəkil 1 a. Üç tağlı dəmir-beton tunelin en kəşiyi: 1-tunelin divar qatı; 2-orta divarın divar qatı; 3-daban tyubinqi; 4-dəmir-beton tyubinqlər; 5-çuqun tyubinq; 6-boyuna rigellər; 7-sütunlar; 8-dayaq başmağı; 9-monolit boyuna rigel; 10,11 -dəmir-beton bloklar.



Şəkil 1 b. Üç tağlı dəmir-beton tunelin hesablama sxemi

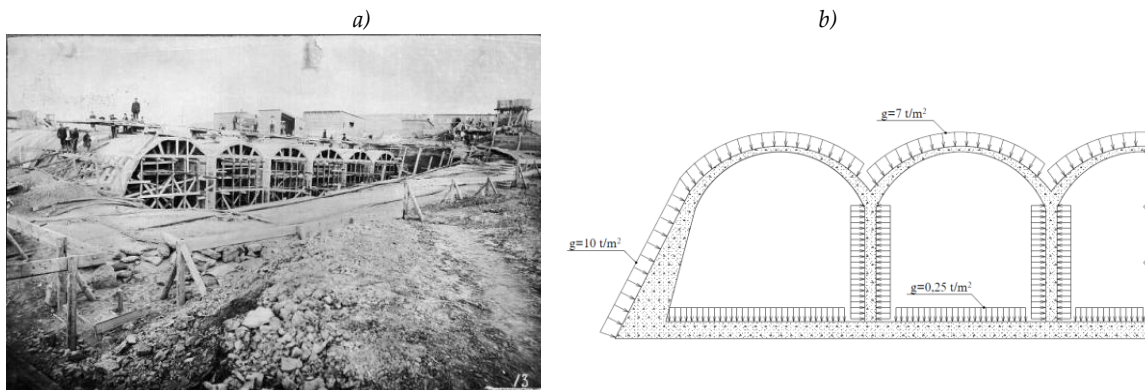


Şəkil 2. Tunnel en kəsik sxemləri: a) nal şəkilli; b) dairəvi; c) dörtdübucaq



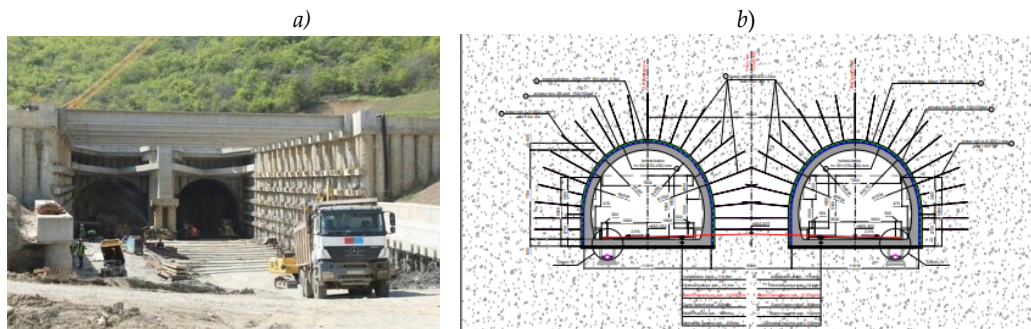
Şəkil 3. Tunnel a) en kəsiyinə təsir edən qüvvələr; b) dairəvi en kəsikli tunnelin hesablama sxemi; c) nal şəkilli en kəsiyi olan tunnelin hesablama sxemi

Yeraltı qurğunun istismar müddəti və uzunömürlülüüyü onun xarici təsirlərə məruz qalması, fiziki və kimyavi aşınmasıdır. Dəmir-beton tunnelin həddi vəziyyəti beton qoruma qatının tam karbonlaşması və içindəki armaturun koroziyaya uğramasıdır. Yeraltı qurğunun uzunömürlülüüyün parlaq nümunəsi Bakıdakı Yasamal rayonunda yerləşən yeraltı Şollar su deposu sayıla bilər. 100 ildən artıqdır insanların xidmətindədir [6]. Bu hidrotexniki qurğu iki böyük tarixi şəxsiyyətə borcludur - böyük xeyriyyəçi, mesenat Hacı Zeynalabdin Tağıyevə və hidrotexniki qurğular mühəndisi ingilis Vilyam H.Lindleyə (*Sir William Heerleyn Lindley*) (şəkil 4).



Şəkil 4. Şollar su anbarının tikinti zamanı şəklil (1911-ci il)-a və onun təsir edən qüvvələrlə en kəsiyinin fraqmenti-b

Bu gün Evrascon ASC müəssisənin Hidrotranslayihə institutu tərəfindən layihələndirilən və inşası davam edən Muğanlı-İsmayilli yeraltı yol keçid tunnelini də qeyd etmək olar (şəkil 5 a, b). Bu keçid iki ayrı tunneldən ibarətdir. Hər birisi 14 m diametri olan yarı dairəvi torkret beton örtüklü monolit dəmir-beton tunneldən inşa edilib.



Şəkil 5. Muğanlı-İsmayılı yeraltı tunel keçidinin ümumi görünüşü (a) və en kəsik sxemi (b)

Yeraltı tunel qurğusunun etibarlılığının hesablama metodikası

Tunelin möhkəmlik anlayışında onun dağ-geoloji şərtindən, divar materialının xassələrindən asılı funksiyaların etibarlı həllini təmin edən qurğusunun dayanıqlığı nəzərdə tutulur. Yeraltı qurğulara olan əsas tələb inşaat və istismarı zamanı etibarlıq sayılır. Bu da, yeraltı qapalı tunel qurğusunun etibarlılığının təmini ilə təyin edilir. Qapalı tunel qurğusunun imtinasız sərbəstliyi layihələndirmə zamanı təmin edilir. Bu işə texnoloji faktorlardan, istismar şəraitindən, dağ geoloji şəraitdən və qrunt təzyiqindən asılıdır. Qapalı tunel qurğusunun etibarlılığı tətbiqi xarakter daşıyır və inşaat qurğularının hesablamasında ehtimal nəzəriyyəsi üsulların təməl tədqiqatlarına əsaslanır. Qapalı tunel qurğusunun etibarlılığı statistik xarakter daşıyır, “imtina” sayından asılıdır və formal olaraq riyazi etibarlıq nəzəriyyəsinə aiddir. Bu durumda əsas mühəndis şərait və dağ mədəninin etibarlıq modeli nəzərə alınır. Ona görə mütləq aşağıdakı model qəbul olunmalıdır:

- 1) Obyektin xarakteri;
- 2) İstehsalın təşkili və yataqların işlənməsi;
- 3) Sistem elementlərinin strukturu;
- 4) “imtina” xarakteri;
- 5) İstismar zamanı tunel divarına təsir edən qüvvəni imtina edən səbəbləri.

Qapalı tunel qurğusunun və ona təsir edən qüvvələrin etibarlılığı riyazi etibarlıq məsələsinə aiddir. Qurğunun etibarlılığı yeraltı qurğunun normal istismarında ən az xərc qoyma ilə təmin edilir. Adı çəkilən faktorlar öz təbiətinə görə etibarlıq dərəcəsilə təyin edilir və təsadüfi xarakter daşıyır. Bu zaman qapalı qurğunun etibarlılığı üçün etibarlıq modeli qəbul edilir. Etibarlıq tənliyi aşağıdakı kimi yazıla bilər:

$$P(t) = \lambda \exp(-\lambda t) \quad (2)$$

burada λ -zaman içində qurğunun “imtina” etmə intensivliyi; t -istismar zamanı.

Qurğu divarının yük daşıyıcı qabiliyyəti, qəbul edilən hesablama sxemi və faktiki qüvvələrdən asılıdır. Sistem işinin dayandırılmasının hesablamasında etibarlılığın tərkib göstəriciləri kimi nəzərdən keçirilən texnologiyanın ayrı-ayrı elementlərinin sıxılması və bərbasının intensivliyi qəbul edilmişdir. Onda hər hansı bir texnoloji tikinti sxeminin işləmə ehtimalı aşağıdakı kimi müəyyən edilir:

$$P_i(t) = \lambda - 1 \times P_i - 1(t) - (\lambda_i + \mu)P_i(t) - \mu_i + 1 \times P_i - 1(t) \quad (3)$$

burada μ -zaman içində prosesin bərpa intensivliyi.

Etibarlıq əmsalı (β) və imtina ehtimalı (P_f) arası bağlantı və gözlənilən effektivlik səviyyəsi cədvəl şəklində verilmişdir [8].

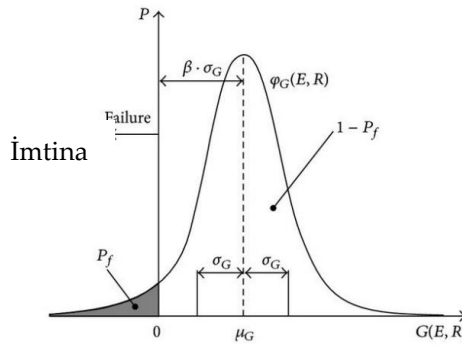
Etibarlıq əmsalı (β)	İmtina ehtimalı $P_f = \Phi(-\beta)$	Gözlənilən effektivlik səviyyəsi
1,0	0,16	Təhlükəli
1,5	0,07	Qənaətsiz
2,0	0,023	Pis
2,5	0,006	Orta səviyyədən aşağı
3,0	0,001	Orta səviyyədən yuxarı
4,0	0,00003	Yaxşı
5,0	0,000003	Yüksək

Burada $\Phi(-\beta)$ – standart normal cəmləşdirən paylaşım funksiyası.

Yuxarıda təyin edilmiş səviyyədə yeraltı qurğunun tikinti texnologiya sisteminin etibarlılığının qiymətləndirilməsi tikintinin hazırlıq səviyyəsi ilə müəyyən olunur:

$$K_{hq}(T) = 1 + \sum_0^N \left[\left(\frac{1 - K_{qi}}{K_{qi}} \right) \right]^{-1} \quad (4)$$

Burada N -ardıcıl birləşmiş elementlərin (tunel seksiyalarının) etibarlılığı; K_{qi} -sistemin ilk elementinin etibarlıq əmsalı, $K_{qi}=P_i$. Bu, ayrı elementin etibarlıq əmsalının imtinasız və etibarlıq işinə (P_i) bərabərliyini göstərir. Etibarlılıq göstəricisini ifadə edən ehtimal sıxlığı (β) və imtina ehtimalını (P_f) arasındakı bağlantı qrafiklə göstərmək olar (şəkil 5).



Şəkil 5. Etibarlılıq və imtina arası bağlantı qrafiki

Strukturun mürəkkəbliyini və dağ işlərinin müxtəlif formalarını nəzərə alsaq yeraltı qurğuların tikintisində nəzərə alınmış texnologiyaların müvafiq sxemləri ayrılır, avadanlıqların ardıcılığı və iş kompleksinin icrası təmin edilir.

Nəticələr və tövsiyələr:

- 1) Yeraltı tunel qurğusunun dayanıqlığı və onunla bağlı etibarlılığı qurğunun ona təsir edən qüvvələrə qarşı hesablanmış və qəbul edilmiş imtina sayısından asılıdır;
- 2) Qurğunun etibarlılığı onun uzunömürlüyündən asılıdır. Yeraltı metro tunel qurğuların materialının müqaviməti yüksək olan halda qurğunun ömrü 100-150 il arası dəyişə bilər. Hətta reqionda böyük zəlzələ ehtimalı olan zaman;
- 3) Tunel qurğusunun divar örtük qurğusunun möhkəmliyi divar materialının (beton, polad armature və ya əlavə edilən fibranın) yüksək müqaviməti və istismar zamanı əlavə təmir xərclərinin minimuma gətirilməsi ilə və ya ehtiyac olmaması ilə hesablanmalıdır. Təmir işlərinin görülməsinin ara müddətinin uzadılması etibarlılığın artımına gətirir;
- 4) Dartılma müqavimətinin və çatadavamlılığının artırılması məqsədilə tunelin betonuna əvvəlcədən nisbəti hesablanmış əlavə polad fibra qatılması tövsiyə edilir.

ƏDƏBİYYAT

- 1) AzDTN 2.3-1. Seysmik rayonlarda tikinti. Bakı.2010
- 2) СНиП 2.06.08-87. Бетонные и железобетонные гидротехнические сооружения. М.1988
- 3) ГОСТ 27751. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования. Москва 2010
- 4) Əliyev T.X. Dinamika. Dinamikanın əsasları və yeraltı qurğuların dinamikası. Bakı. "Birlik".1999
- 5) T.M.Əhmədov, N.M.Qasimov, Q.N.Əliyev. Tunellər və metropolitenlər. Dərs vəsaiti. Bakı: Çarşıoğlu, 2001 -İ və II-ci hissə
- 6) Мирзоев М., Мастанзаде Н., Расулов Х. Вторая молодость Шолларского водопровода. Тандем: Цемент&Строительство, № 2, 2013
- 7) Зимнюков В.А., Зборовская М.И., Зайцев А.И. Проектирование и расчет обделок гидротехнических туннелей. М. 2017
- 8) F. Johansson, W. Bjureland, J. Spross. Application of reliability-based design methods to underground excavation in rock. BeFo Rapor 155. Stockholm, 2016
- 9) M.Abdulai, M.Sharifzadeh. Probability methods for stability design of open pit rock slopes: an overview. *Geosciences* 2021, 11,319

UOT: 624.012.45

ÇOXMƏRTƏBƏLİ DƏMİRBETON BİNALARDA DİOFRAQMALARIN DİNAMİKİ YÜK TƏSİRLƏRİNDƏ ƏHƏMİYYƏTİ VƏ ROLUNUN BƏZİ TƏDQİQİAT NƏTİCƏLƏRİ

BUTDAYEV COŞQUN

Bakı Mühəndislik Universiteti

butdayevc555@gmail.com

XÜLASƏ

Dəmir-beton binalarda zəlzələ təsirinə qarşı diafraqma istifadəsinin təsiri böyükdür. Zəlzələ təsiri altında binalar üfqi yerdəyişməyə məruz qalırlar. Lakin, binaların üfqi yerdəyişməsinin limitli olması istənilir. Bu səbəbdən, binada diafraqma tipli divar yerləşdirilməsi edilir. Diafraqmalar sərtliyi və şaquli yük götürməsinə artırır və binanın üfqi yerdəyişməsinə azaldır. diafraqmalar daşıyıcı sistem elementləri mümkün zəlzələ zamanı binanın zədə görməsini və ya az zədə görməsini təmin edir. Məqalədə sərtlik divarlarının binanın zəlzələ zamanı davranışının analizinə baxılır.

AÇAR SÖZLƏR: Dəmir-beton binalar, zəlzələ, diafraqmalar, dayanıqlıq, sərtlik, əyinti

**SOME RESEARCH RESULTS OF THE SIGNIFICANCE AND ROLE OF DIAPHRAGM IN DYNAMIC
LOAD EFFECTS IN MULTI-STORY REINFORCED CONCRETE BUILDINGS**

ABSTRACT

The use of partition walls in reinforced concrete buildings is highly effective against earthquake impact. During seismic activity, buildings are subject to lateral displacement, but it's desirable to limit this displacement. Therefore, partition walls are installed within the building. These walls increase stiffness and resistive load-bearing capacity, reducing the building's lateral displacement. Additionally, partition walls serve as structural elements that help minimize or mitigate damage to the building during earthquakes. The article discusses the analysis of the behavior of partition walls during seismic events

KEYWORDS : Reinforced concrete buildings, earthquake, diaphragm, durability, hardness, deformation

**НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗНАЧЕНИЯ И РОЛИ ОБЪЕМА В ДИНАМИЧЕСКИХ
НАГРУЗКАХ В МНОГОЭТАЖНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЗДАНИЯХ**

РЕЗЮМЕ

Эффект от использования несущих стен против воздействия землетрясений в железобетонных зданиях велик. Под воздействием землетрясения здания подвергаются горизонтальному смещению. Однако предлагается ограниченное горизонтальное перемещение зданий. По этой причине в здании размещают навесную стену. Навесная стена увеличивает жесткость и вертикальную нагрузку, а также уменьшает горизонтальное смещение здания. Элементы несущей системы навесных стен обеспечивают минимальный ущерб зданию во время возможного землетрясения. В статье анализируется поведение навесных стен во время землетрясения.

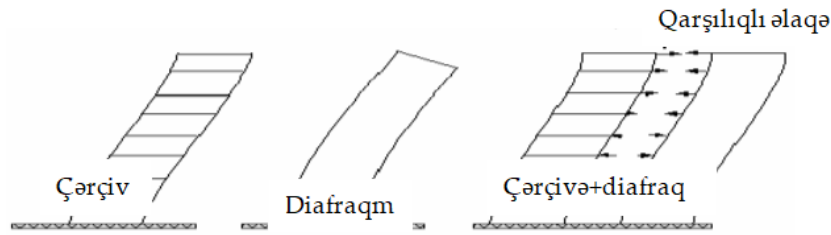
КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Железобетонные здания, землетрясение, диафрагма, устойчивость, жесткость, прогиб

GİRİŞ

Zəlzələ qaydalarında planda uzun kənarların (l_w) qalınlığına (b_w) nisbəti, ən az 7 olan şaquli daşıyıcı sistem elementləri sərtlik divarı (diafraqma) olaraq deyilməkdədir. Hündür binalarda üfqi yüklərin götrülməsində diafraqmalar effektiv şəkildə istifadə edilir. Yüksək mərtəbəli binalarda sərtlik divarlarının istifadə edilməsi, özəlliklə demək olar ki hər bölgəsi zəlzələ risqi olan ölkəmizdə məcburi hala gəlir.

Diafraqmalar , şiddətli zəlzələlərdə çox mərtəbəli binalarda önəmli zədələrə nisbi sürüşmələri önəmli dərəcədə azaldır. Uzun kənar istiqamətindəki ətalət momentləri çox daha böyük olub, üfüqi yükləri uzun kənar istiqamətində effektiv şəkildə daşıyır. Çərçivələrə bərabər və ya bağlantı sütunları birləşən diafraqma qrupları halında da istifadə olunur. Çərçivə ilə bərabər olduğu halda Diafraqmaların sərtlikləri nisbətində qarşılıyır. Daşıyıcı sistemlərin yüksəklikləri artdıqca , diafraqmaların qoyulmasının önəmi də artır. Diafraqmalar , yüksək binalarda, yan yerdəyişmələri limitləmək üçün də istifadə edilir. Diqqətli bir şəkildə düzənlənən diafraqmalar, daşıyıcı sistemin köçməsinin qarşısını aldığı kimi, xarici təsirlərin qarşısını almaqda da effektivdir.

Diafraqmalar çərçivələrlə birlikdə istifadə edildiyində daha komplekt sistemlər əldə edilir. Şəkil 1-də görüldüyü kimi diafraqmanın şəkildəyişməsində əyici moment təsirli olur və qatlar arası ən böyük yer dəyişmə üst qatlarda meydana gələrkən, çərçivədə isə üfüqi xəttlər qat sərtliyinə bağlı olaraq kəsici qüvvənin ən böyük olduğu alt kənarında meydana gəlir və üst qatlara doğru azalır. Belə iki fərqli davranış göstərən diafraqma və çərçivə sisteminin bərabər işlədiklərində, daşıyıcı sistemin yerdəyişməsində, əyilmə və sürüşmədə təsiri olur. Qarışıq sistemdə binanın üst tərəfindəki diafraqma yerdəyişməsi çərçivələrlə, çərçivənin alt tərəfindəki sürüşmə isə diafraqmalarla əngəllənir.



Şəkil 1. Üfüqi yük altında çərçivə və diafraqmanın davranışı

Zəlzələ modelləməsi üçün başlanğıc tələblər. Zəlzələyə davamlı bina dizayn etmək üçün təməl qaydalar yetərli dayanıqlılıq, yetərli sərtlik və yetərli elastiklik olaraq göstərilməkdədir. Bir bütün olaraq bina yüklərini daşıyan elementlərin hər birində, zəlzələ yüklərini təmələ qədər davamlı olaraq və təhlükəsiz ötürülməsini təmin edərək yetərincə sərtlik, dayanıqlılıq və hərəkətilik olmalıdır. Bu kriterlərin diafraqmaların dizaynında önəmliliyinin araşdırılması üçün bu açıqlamalara yer verilib. Bunlara əlavə olaraq, dəmir-beton binalarda davranışlarla əlaqəli olaraq istifadə edilən yetərli sabitlik, yetərli sönmə və yetərli əlaqə prinsipləri də göz önündə olmalıdır.

Dayanıqlılıq-Yeterli dayanıqlılıqda məqsəd ilk öncə daşıyıcı sistem elementləri, öz-özünə təsir edən yük ya da yük birləşmələri səbəbiylə yaranacaq kəşişən hissələrin qırılmadan yəni daşıma gücünü itirmədən daşıya bilməsidir. Zəlzələ bölgəsində tikiləcək binalar haqqında tənzipləmə binaların zəlzələyə dayanıqlılığını, binanın zəlzələ enerjisini tükətməsi ilə qorunmasını və bu məqsədlə binanın sərt olması lazımdır. Tənzipləmənin məqsədi , şiddətli zəlzələlərdə daxil olmaqla binanın tamamilə ya da qismən köçməməsidir. Bu üç əsaslı bir tikinti normasına əsaslanır:

1. Tez yarana biləcək yüngül şiddətli zəlzələlərdə tikililərin elastik davranması, tikinti prosesində və tikinti prosesində olmayan sistem elementlərinin hər hansı zədə görməməsi.
2. Orta sıxlıqda yarana biləcək orta şiddətli zəlzələlərdə tikililərin elastiklik limitinə yaxınlaşması, tikinti və tikinti prosesində olmayan sistem elementlərində yarana biləcək zədələrin təmir oluna biləcək səviyyədə olması.

3. Nadir olaraq yarana biləcək şiddətli zəlzələlərdə tikililərin plastik davranması, həyat itkisinin qarşısını almaq məqsədiylə binaların qismən və ya tamamilə köçməsinin qarşısını almaq.

Elastiklik-Tikili və elementlərin daşıma gücündə önəmli bir azalma olmadan şəkil dəyişdirməsi və təkrar edən yüklər təsirində enerji quruluş üçün kifayət qədər sərtlik; dalğa anlarını mümkün qədər kiçik etmək, baş verən zəlzələlərdə, yəni istifadəyə yararlılıq həddi vəziyyətinə cavab verən zəlzələlərdə, struktur lazımsız zərərləri azaldır. Üfüqi yüklərin təsiri altında strukturun maksimum sərtliyi əhəmiyyətli meyarlar elementin öz sərtliyi və alt mərtəbə ilə müqayisədə strukturda bir mərtəbənin nisbi gücüdür. Sərtlik strukturun həndəsəsi ilə deyil, şaquli daşıyıcıların və onların hər ikisinin yeri ilə müəyyən edilir. İstiqaməti və ölçüləri vacibdir. Dəmir-beton konstruksiyada şaquli yükdaşıyıcı elementlər kimi sütunlar və diafraqmalar doldurma divarlarından daha sərt davrandığından, sərtliyin hesablanmasında bu istifadə edilmir, elementləri nəzərə almaq kifayətdir.

Çeviklik-konstruksiya və onun elementlərinin təkrar yüklərin təsiri altında həmin strukturun və ya onun elementlərinin daşıma qabiliyyəti əhəmiyyətli dərəcədə azalmadan formasını dəyişmək və enerji sərf etmək qabiliyyəti çeviklik adlanır. Əgər struktur zədələnmədən yerdəyişmə yolu ilə zəlzələ enerjisini qəbul edə bilirsə, strukturun çevik olduğunu söyləmək olar. Quruluşda baş verəcək yerdəyişmələri bilmək strukturun çevik davranışı haqqında məlumat verir.

Zəlzələnin təsiri altında xətti-elastik davranan strukturlarda zəlzələ zamanı baş verəcək bütün enerji plastik fazaya keçməzdən əvvəl elastik fazada udulmalıdır. Bu vəziyyətdə strukturun dəyəri artacaq. Tikinti xərclərini azaltmaq və plastik fazada enerjinin bir hissəsinə qənaət ediləcək. Əgər istehlakda nəzərdə tutulursa, struktur çevik davranış nümayiş etdirmək üçün dizayn edilməlidir. Enerjinin böyük hissəsi strukturda əmələ gələn plastik birləşmələrdə sərf olunur.

Çeviklik nisbətinin yüksək olduğu və qeyri-xətti deformasiyaların kiçik bir bölgəyə yayıldığı sistemlərdə qeyri-xətti əyilmə deformasiyalarının plastik menteşələr adlanan kəsiklərdə toplandığını, digər bölgələrdə isə sistemin xətti-elastik davrandığını güman etmək olar. Enerji istehlakı baxımından, plastik birləşmə ilə bir bölmə böyük bir deformasiya qabiliyyətinə malik olmalıdır. Fasiləni ortaya qoyacaq əhəmiyyətli kəsik deformasiyası zamanı o qədər enerji başqa məqsədlərə çevrilir ki, kəsik tam qırılma nöqtəsinə çatır. Enerjinin demək olar ki, hamısı gəlməmişdən əvvəl istehlak olunur. Belə olan halda strukturun zəlzələdən dağılmadan sağ qalma ehtimalı artır. Quruluşlarda qırılmaların daha uzun müddət ərzində baş verməsi istəndiyi üçün strukturun çevik davranış nümayiş etdirməsi tələb olunur.

Diafraqmaların planda yerləşdirilməsi-Dəmir-beton konstruksiyalarda sistemin həndəsəsi və ya qeyri-simmetrik yüklənmə səbəbindən bina elementlərində burulma anları baş verir. Sistemin burulma sərtliyi divarın kəsişməsindən və planda yerləşdirilməsindən asılı olaraq dəyişir. Diafraqmalar burulma dayanıqlılığına malik olmalı, onların sərtliyi simmetrik olmalıdır və aşmağa qarşı əsaslı şəkildə etibarlı olmalıdır. Diafraqmaları planda yerləşdirərkən, gözlənilən plastik deformasiyaların bina planında bərabər paylanmasını təmin etmək məqsəduyğundur. Əks halda, bəzi diafraqmalar həddindən artıq, bəziləri isə tutumundan aşağı gərginliyə məruz qalacaq. Kəsmə divarları olan yüksək mərtəbəli binada kifayət qədər sərtliyi təmin etmək üçün sistem xətləri bir nöqtədən keçməyən ən azı üç kəsici divar formalaşmalıdır. Zəlzələdən təsirlənən strukturda burulmanın qarşısını almaq üçün kütlə və sərtlik mərkəzləri üst-üstə düşməlidir. Zəlzələ qüvvələri mərtəbənin kütlə mərkəzində hərəkət edir. Kütlənin mərkəzi ilə sərtlik mərkəzi üst-üstə düşmürsə, struktur sərtlik mərkəzi ətrafında fırlanacaq. Çünki kütlə

mərkəzə təsir edən üfüqi qüvvə sərtlik mərkəzinə köçürüldükdə sərtlik mərkəzinə qüvvədən əlavə $M_z = F_{ye}$ qüvvəsi əlavə olunur. Lakin zəlzələ yükü bilavasitə sərtlik mərkəzinə təsir edərsə, struktura zəlzələ qüvvəsi təsir edəcəkdir. Bütün istiqamətə bərabər şəkildə çevriləcəyi üçün heç bir burulma anı baş verməyəcək. Döşəmədəki burulma effekti şaquli elementlərə təsir edən kəsmə qüvvəsinin moment qolu ilə vurulması olduğundan, burulma effekti ən böyük olduğu yer qolu olan divar və ya çərçivə olacaq. Diafraqmalar burulma təsirini azaltmaq üçün sərtlik divarı sistemi ideal şəkildə qurulmalıdır. Buna görə;

1. Quruluşda ən böyük burulma sərtliyini təmin etmək üçün kəsici divarlar strukturun ətrafında paylanmalıdır.
2. Döşəmə planı daxilində kəsici divarlar elə yerləşdirilməlidir ki, döşəmə yüklərinin mümkün qədər çox hissəsini eksenel qüvvə kimi bünövrəyə ötürsün.
3. Çoxmərtəbəli binalarda zəlzələyə davamlılığı bir neçə diafraqmada cəmləşdirmək. Müəyyən nöqtələrdə çox böyük zəlzələ təsirlərinə məruz qalır. Bunun qarşısını almaq lazımdır, çünki bu, iqtisadi cəhətdən ağır bir təməl sistemi tələb edir.
4. Pərdə divarlar hər iki istiqamətdə yerləşdirilməlidir və mümkün olduqca simmetrik olmalıdır.

TƏDQIQAT METODU

Bu bölmədə planda diafraqmaların müxtəlif yerləşdirilməsi nəticəsində əmələ gələn davranış dəyişikliklərini araşdırmaq üçün 8 müxtəlif qəlib planı üzrə nəticələr müqayisə edilir. Nəticələr nisbidir mərtəbə sürüşməsi αS əmsalları baxımından müqayisə edilmişdir ki, bu da divarlar tərəfindən alınan kəsmə qüvvəsinin sürətini, yerdəyişmələri və burulma əmsallarını göstərir.

Bu bölmədə araşdırılan planlar İDEA StatiCa struktur analizi proqramından istifadə etməklə hazırlanmış və təhlil edilmişdir. Təhlil nəticəsində ortaya çıxan hesabatlardan alınan qiymətlərlə hazırlanır. Nəticələr Excel qrafikinə köməyi ilə müqayisə edilmişdir.

Binaların Struktur Sistem Xüsusiyyətləri - Bina; Sahəsi 10x12 m, mərtəbə hündürlüyü 3 m olan 6 mərtəbəli bina. Buna görə də binanın əhəmiyyət əmsalı $I = 1$ kimi qəbul edilmişdir. 1-ci zəlzələ zonasında yerləşir.

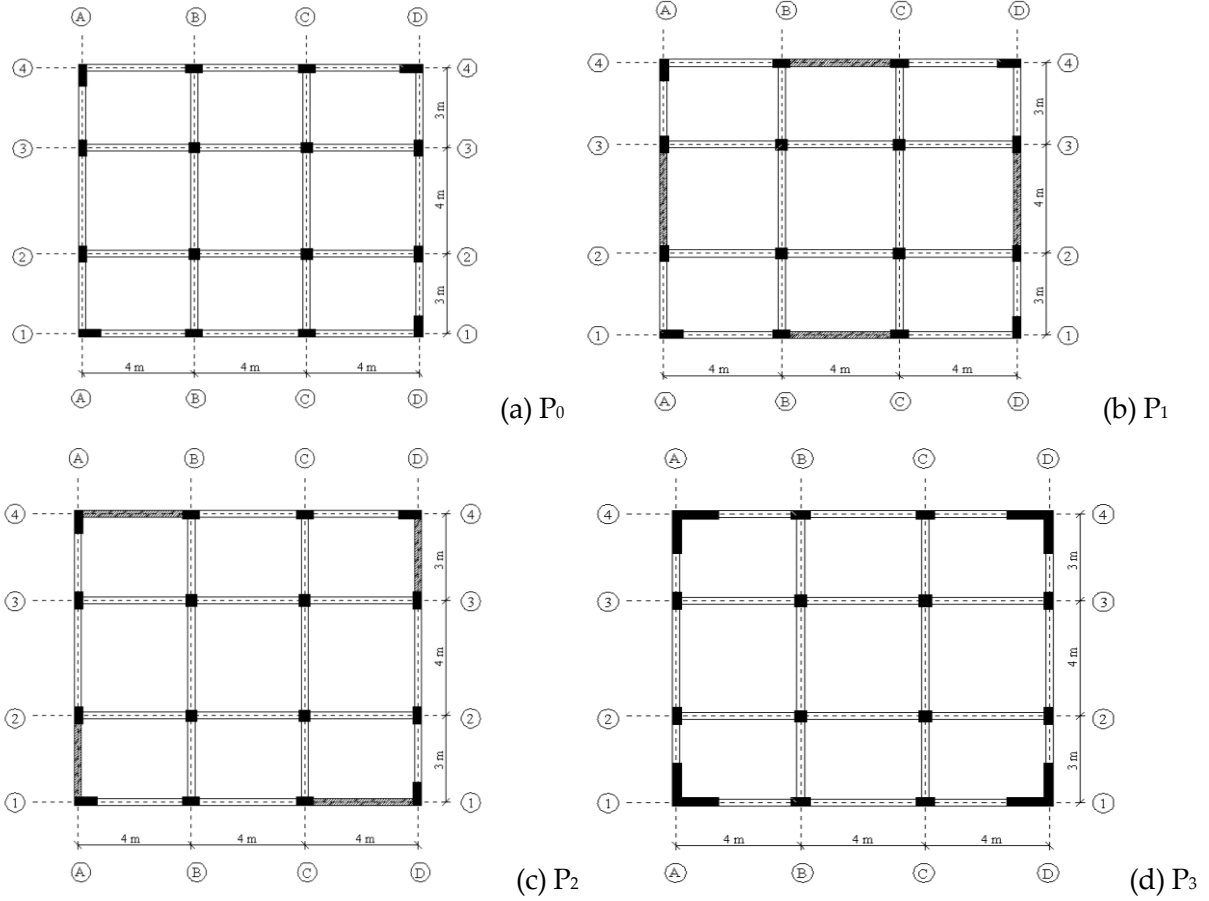
Yerli torpaq sinfi Z_2 və spektrin xarakterik dövrləri $T_A = 0,15$ və $T_B = 0,40$ -dir. Beton sinfi C25, polad sinfi uzununa armatur üçün A500C və xamut üçün A240-dır. Daşıyıcı sistemin reaksiya əmsalı çərçivə tipli strukturlar üçün $R = 8$ və kəsici divar sistemləri üçün $R = 7$ kimi qəbul edilir. Binadakı xarici sütunların ölçüləri 300 mm x 600 mm, 300mm x 800mm; Daxili sütunların ölçüləri 400 mm x 400 mm olaraq təşkil edilir. Binanın bütün tirləri 250 mm x 500 mm, döşəmə qalınlığı isə 120 mm-dir. binanın zirzəmisini möhkəm pərdələr kimi düzülüb. Bu xüsusiyyətlərə malik binanın müxtəlif yerlərində müxtəlif ölçülü diafraqmaların yerləşdirilməsi ilə nəticə əldə edilir.

Əlavə edilmiş pərdələrin qalınlığı 300 mm-dir. Onların uzunluqları plandakı yerlərindən asılı olaraq dəyişir. P_3 adlanan planda L formalı çoxbucaqlı sütunların uzunluğu hər iki istiqamətdə 1500 mm-dir. Şəkil 3-də görüldüyü kimi, P_0 çərçivə tipli struktur adlanır, P_1 binanın xarici hissəsinin ortasında x və y istiqamətlərində simmetrik olaraq yerləşdirilən diafraqma yaradılan quruluş, P_2 - yerləşdirilmiş diafraqmalarla yaradılmış quruluş adlanır. Binanın xarici küncləri,

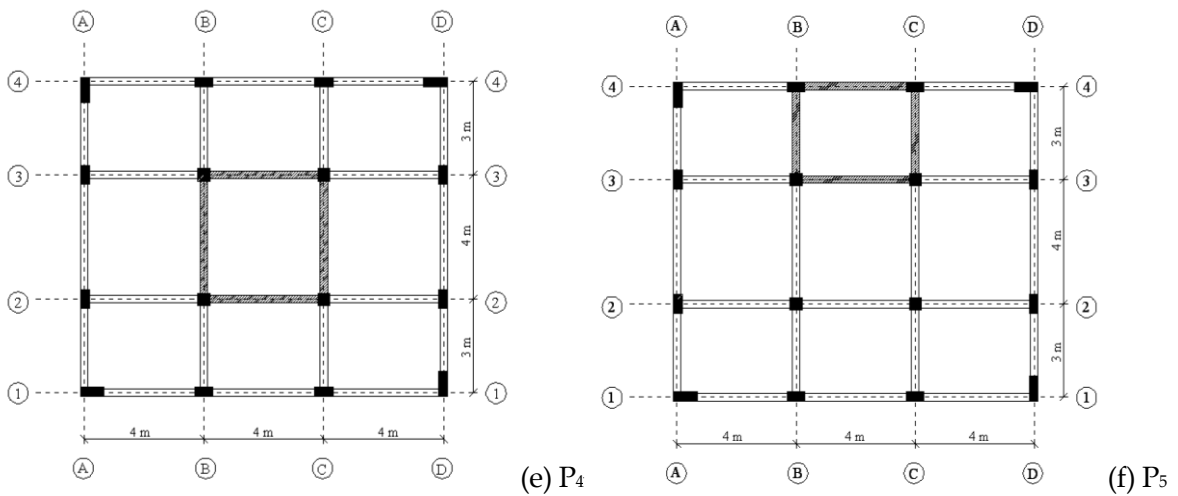
P_3 - bölmənin küncələrində çoxbucaqlı sütunların yerləşdirilməsindən yaranan konstruksiya, P_4 - binanın ortasına özək tipli pərdələrin qoyulması ilə yaranan konstruksiya, P_5 - binanın

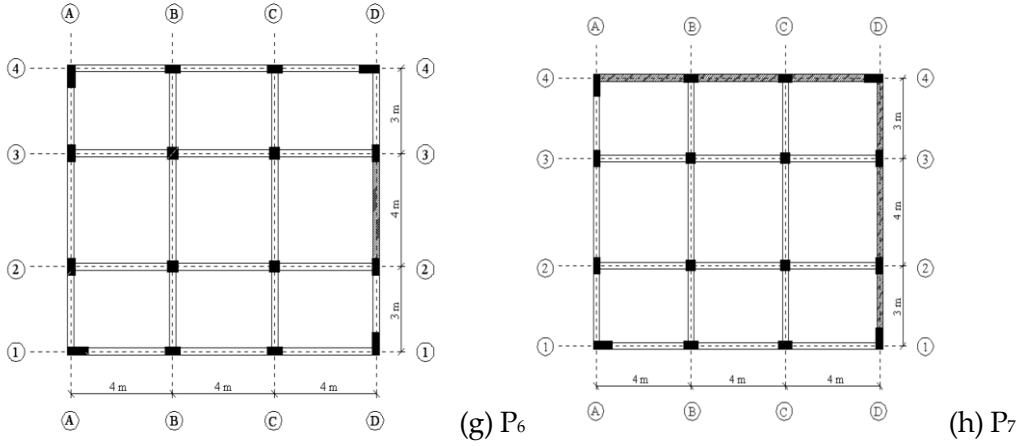
kənarında özək tipli pərdələrin qoyulması ilə yaranan konstruksiya, P_5 - pərdələrin y istiqamətində yalnız binanın xarici tərəfində yerləşdirilməsi ilə əmələ gələn konstruksiyadır.

Quruluşun xarici tərəfinə x və y istiqamətlərində qeyri-simmetrik divarların əlavə edilməsi ilə yaranan quruluşa P_6 , x və y istiqamətlərində qeyri-simmetrik pərdələrin qoyulması ilə yaranan quruluşa isə P_7 adı verilmişdir. Aşağıdakı şəkillərdə pərdələrin yerləşməsi göstərilmişdir.



Şəkil 2. Tədqiq olunan binaların qəlib planları (davamı)





Şəkil 2. Tədqiq olunan binaların qəlib planları (davamı)

Nəticələrin müqayisəsi-Kəsmə elementinin şiddətli zəlzələlər zamanı çoxmərtəbəli binalarda əhəmiyyətli ziyanə səbəb olan nisbi mərtəbə sürüşmələrini əhəmiyyətli dərəcədə azaltdığı məlum olduğundan, müxtəlif növ binaların davranış xüsusiyyətlərini araşdırarkən nisbi mərtəbə sürüşmə dəyərləri müqayisə edilmişdir.

Cədvəl 1. Müxtəlif bina tiplərinin nisbi mərtəbəli sürüşmə dəyərləri

	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇
6	0,0026	0,004	0,0038	0,0024	0,0039	0,0039	0,004	0,0042
5	0,0039	0,0043	0,0043	0,0028	0,0043	0,0046	0,0045	0,0046
4	0,0049	0,0045	0,0049	0,0031	0,0045	0,0049	0,005	0,0047
3	0,0057	0,0045	0,0051	0,0033	0,0044	0,0051	0,0058	0,0049
2	0,0061	0,0041	0,0048	0,0033	0,004	0,0048	0,0063	0,0051
1	0,0061	0,0031	0,0037	0,0028	0,003	0,0037	0,006	0,0048
0	0,0007	0,0012	0,001	0,001	0,0008	0,0008	0,0011	0,0013

P₀ tipli çərçivəli bina və digər kəsikli çərçivəli binalar müqayisə edildikdə, P₀ tipli binalarda, xüsusən də aşağı mərtəbələrdə meydana gələn böyük nisbi mərtəbəli sürüşmə dəyərlərinin kəsik divarlı çərçivəli binalarda azaldığı görünür. Məsələn, P₀ tipli binada 1-ci mərtəbədəki qiymət 0,0061, P₃ tipli binada isə bu mərtəbədəki qiymət 0,0028-dir. Bu dəyişiklik təxminən 54% təşkil edir.

αS əmsalı AzDTN 2.3.1-də yüksək çəviklik səviyyəsinə malik divarların təməmində alınan kəsmə qüvvələrinin cəminin bütün bina üçün təməldə baş verən ümumi kəsmə qüvvəsinə nisbəti kimi ifadə edilir. Kəsici divarın sistemdəki əsas kəsmə qüvvəsinin əhəmiyyətli bir hissəsini udduğunu görmək üçün müxtəlif növ strukturların davranış xüsusiyyətlərini araşdırarkən αS əmsalı dəyərləri müqayisə edilmişdir. Qrafikdə P₁, P₂, P₄, P₅, P₆ və P₇ tipli strukturlar aşağıdakı kimi göstərilmişdir.

Cədvəl 2. Kəsmə çərçivəli konstruksiyaların αS əmsalları

	X	Y
P ₁	0,7	0,69
P ₂	0,71	0,56
P ₄	0,72	0,72
P ₅	0,7	0,59
P ₆	0,03	0,47
P ₇	0,69	0,57

Fərqli bina tiplərində αS əmsalı dəyərləri tədqiq edildikdə, x və y istiqamətlərində ən yüksək dəyərin ortasında əsas tipli pərdə olan P_4 tipli binaya aid olduğu görülür. Ən kiçik dəyərlər planda y istiqamətində yalnız 1 pərdəsi olan P_6 tipli strukturdadır. P_4 və P_6 tipli strukturların y istiqamətində αS əmsallarının dəyişməsi 35% civarında olduğu halda, x istiqamətində dəyişiklik 96%-ə yüksəlir.

Kəsmə divarları üfüqi yerdəyişməni məhdudlaşdıran elementlər olduğundan, müxtəlif növ strukturların davranış xüsusiyyətlərini araşdırarkən strukturlardakı yerdəyişmə dəyərləri müqayisə edilmişdir.

Cədvəl 3. Müxtəlif bina növləri üçün x istiqamətində yerdəyişmə dəyərləri (mm)

	P_0	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7
6	9,71	9,92	9,67	6,43	11,07	9,66	12,17	9,59
5	8,94	8,36	8,13	5,65	9,26	8,22	11,19	8,14
4	7,71	6,67	6,47	4,71	7,33	6,46	9,65	6,47
3	6,1	4,88	4,73	3,61	5,3	4,68	7,62	4,77
2	4,21	3,1	3	2,42	3,32	2,95	5,24	3,09
1	2,16	1,5	1,46	1,24	1,55	1,41	2,66	1,56

Cədvəl 4. 1-ci zəlzələ zonasında 6 mərtəbəli binaların x istiqamətində yerdəyişmə dəyişiklikləri göstərilmişdir.

	P_0	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7
6	10,44	10,38	11,15	6,58	11,37	10,9	10,53	10,85
5	9,52	8,77	9,63	5,72	9,52	9,36	8,99	9,19
4	8,16	7,04	7,88	4,73	7,55	7,62	7,44	7,55
3	6,44	5,21	5,93	3,63	5,49	5,68	5,68	5,74
2	4,47	3,39	3,87	2,46	3,48	3,66	3,82	3,84
1	2,37	1,74	1,93	1,32	1,69	1,78	2,01	2,04
0	0,26	0,47	0,42	0,35	0,37	0,34	0,37	0,45

Dəmir-beton binalarda diafraqmaların davranışa təsiri - Müxtəlif növ planların yerdəyişmə qiymətləri müqayisə edildikdə, P_6 və P_4 tipli strukturların x istiqamətdə yerdəyişmələrdə maksimum qiymətlərə sahib olduğu görünür. y istiqamətində

P_4 və P_2 tipli strukturların yerdəyişmələrdə böyük qiymətlər aldığı görülür. Hər iki istiqamətdə ən kiçik dəyərlərin P_3 tipli strukturda olduğu müşahidə edilir.

Ən böyük yerdəyişmə dəyişməsi P_3 və P_6 tipli strukturların x istiqamətində baş verib. P_3 tipli strukturda 6,43 mm yerdəyişmə qiymətinə qarşı P_6 tipli strukturda 12,17 mm yerdəyişmə qiyməti alınır. Bu dəyişiklik təxminən 47% təşkil edir.

Burulma qeyri-bərabərlik əmsallarının yüksək qiymət almasına təsir edən amillərə binanın plan həndəsəsi, divarlara paralel olan oxların sayı, mərtəbələrin sayı və planda divarların yerləşməsinə aid etmək olar. Müxtəlif tipli konstruksiyaların davranış xüsusiyyətləri tədqiq edilərkən konstruksiyaların burulma əmsalları bu amillərə uyğun olaraq müqayisə edilmişdir .

Cədvəl 5. Müxtəlif struktur növləri üçün x istiqamətində burulma əmsalı dəyərləri

	P_0	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7
6	1,05	1,05	1,05	1,05	1,04	1,15	1,06	1,11
5	1,05	1,05	1,05	1,04	1,06	1,08	1,05	1,03
4	1,05	1,05	1,05	1,04	1,06	1,03	1,05	1,03
3	1,05	1,05	1,05	1,04	1,07	1,01	1,04	1,09
2	1,06	1,05	1,06	1,04	1,08	1,06	1,04	1,14
1	1,06	1,05	1,06	1,04	1,1	1,13	1,04	1,21
0	1,06	1,06	1,05	1,05	1,05	1,16	1,07	1,21

Cədvəl 6. Müxtəlif struktur növləri üçün y istiqamətində burulma əmsalı dəyərləri

	P_0	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7
6	1,07	1,07	1,07	1,06	1,06	1,06	1,16	1,13
5	1,07	1,07	1,07	1,06	1,08	1,07	1,06	1,04
4	1,08	1,07	1,06	1,06	1,09	1,08	1,02	1,03
3	1,08	1,07	1,06	1,06	1,1	1,08	1,09	1,09
2	1,08	1,07	1,06	1,06	1,12	1,09	1,16	1,16
1	1,09	1,06	1,06	1,06	1,14	1,11	1,28	1,24
0	1,06	1,05	1,06	1,06	1,06	1,06	1,11	1,15

Müxtəlif plan tiplərinin nəticələri tədqiq edildikdə, x istiqamətində P_5 və P_7 tipli strukturlar, y istiqamətində P_6 və P_7 tipli strukturların ən böyük burulma əmsalı qiymətlərinə malik olduğu görülür. P_7 tipli strukturun hər iki istiqamətdə böyük burulma dəyərlərinə malik olmasının səbəbi, bu tip strukturun x və y istiqamətlərinin bir tərəfində kəsici divarların olmasıdır. Əmsallarda ən böyük dəyişiklik P_6 və P_1 , P_2 , P_3 planları arasında y istiqamətinin yerdəyişməsidir. P_1 , P_2 və P_3 tipli strukturlarda y istiqamətində burulma əmsalı qiymət 1,06 olduğu halda, P_6 tipli strukturda bu qiymət 1,28-ə yüksəlib. Bu qiymətlərdən görmək olar ki, pdaifraqmanın düzgün yerləşdirilməməsi səbəbindən burulma əmsalı dəyəri 17,2% dəyişir.

NƏTİCƏ

Bu müqayisələr nəticəsində ən kiçik yerdəyişmə dəyərləri küncələrində çoxbucaqlı sütunlu P_3 tipli konstruksiyalarda, ən kiçik burulma əmsalı qiymətləri isə simmetrik pərdə çərçivə sistemli P_1 və P_2 və P_3 tipli çoxbucaqlı sütunlu strukturlarda baş verir və ən böyük αS əmsalı qiymətləri ortada əsas tipli pərdə ilə P_4 -də baş verir. Görünür ki, nisbi mərtəbə sürüşmə qiyməti kəsici çərçivə strukturlarında, xüsusən də aşağı mərtəbələrdə alınır. Bu yalnız çərçivəli strukturlarla müqayisədə daha kiçikdir. Nəticələr tədqiq edildikdə, kəsici divarların hər iki istiqamətdə və yüksək burulma sərtliyi yaradacaq şəkildə yerləşdirildiyi planlar olan P_1 və P_2 tipli strukturların və çoxbucaqlı sütunlu P_3 tipli strukturların daha kiçik olduğu görülür. Bu nəticələr göstərir ki, kəsici karkas tipli konstruksiyalar araşdırılan meyarlara görə daha uyğun nəticələr verir və zəlzələyə davamlı konstruksiyaların layihələndirilməsi zamanı dəmir-beton sərtlik divarlarından istifadə edilməlidir.

ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

1. Məmmədov Ş.Ə. , Əhmədov Ə.M. , Rzayev R.A. , Zeynalov A.Q. Qurğuların zəlzələyə davamlılığı. (Ali məktəblər üçün). Bakı, 2003, 1989
2. Rzayev R.A. , Məmmədov Ş.Ə. Çoxmərtəbəli karkas binaların layihələndirilməsi və tikintisi üçün normativ sənədlərdə onların hündürlüyünə qoyulan məhdudiyyətlər haqqında. Beynəlxalq konfrans, "Seysmik risk, zəlzələyə davamlı tikinti və memarlıq problemləri", Bakı, 2005, səh.244-248.
3. AzDTN 2.3-1 "Seysmik rayonlarda tikinti" Bakı- 2010.
4. Y. Akkaya, Dəmir-beton binaların zəlzələ qüvvələrinə qarşı davranışı və ölçüləri, İstanbul Texniki Universiteti Elm və Texnologiya İnstitutu Magistrlik dissertasiyası, 2007, İstanbul.
5. A.E. Özsoy, K. Özgen, "Divarlardakı boşluqların üfüqi sürüşməyə təsiri", Zəlzələ Simpoziumu 23-25 Mart 2005, Kocaeli.
6. Zəlzələ Bölgələrində tikiləcək binalar haqqında Əsasnamə, Bayındırlıq və Məskunlaşma Nazirliyi, 2007, Ankara.
7. A. Doğançün, "Dəmir-beton konstruksiyaların hesablanması və dizaynı", Birsən nəşriyyatı, 2005, İstanbul..

UOT:621

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЯВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ В ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРАХ

ШИРАЛИЕВ В.А., доцент, к.т.н., ГУЛИЕВ А.Г, доцент, к.т.н.

vashiraliyev@beu.edu.az, asquliyev@beu.edu.az

ВИУ, Хырдалан

АННОТАЦИЯ

Одной из важных задач проектирования и эксплуатации любых машин является обеспечение надежной работы каждого узла. Лента конвейера выполняет функции грузонесущего и тягового органа. Приводной вал и его опорные подшипники, подвержены значительной нагрузке. В ленточных конвейерах большое внимание уделяется системе передачи транспортируемого груза. При этом большую роль играют приводной вал и его опорные подшипники, которые в процессе эксплуатации подвержены значительному износу.

Ключевые слова: износ; вал; натяжение; приводной вал; ленточный конвейер.

LENTLİ KONVEYERLƏRDƏ DİNAMİKİ YÜKLƏRİN YARANMASI SƏBƏBİNİN TƏDQIQI XÜLASƏ

Maşınların layihələndirilməsinin və istismarının əsas məsələsi, onun hər bir düyünün etibarlı işindən ibarətdir. Lentli konveyerlərdə yük nəqli edici ötürmə sistemlərinə yüksək diqqət verilir. Kon-veyerlərin lenti yükdaşıyan və dartı orqanlarının funksiyalarını yerinə yetirir. Ötürücü val (baraban) və onun dayaq yastıqları nəzərə çarpacaq yüklərə məruz qalır.

Baxılan işdə lent konveyerin ötürücü valının işdən çıxma səbəbinin analizi, konveyerin lentinin ötürücü val ilə kontakt səthinə təzyiqinin dəyişmə xarakterini, ilişmə əmsalının təzyiqdən asılılığın analitik ifadələri işəsalma və tomozlamada dinamik yüklərin hesabında nəzərə alınmışdır.

Bunlar konveyer lentində dinamik gərilmənin və konveyerin digər elementlərində əlavə yüklərin yaranma səbəblərini xarakterizə edirlər.

Açar sözlər: etibarlılıq, yeyilmə, val, gərginlik, lentli konveyer

STUDY OF THE APPEARANCE OF DYNAMIC LOAD IN BELT CONVEYORS SUMMARY

One of the important tasks in the design and operation of any machine is to ensure reliable operation of each unit. The conveyor belt performs the functions of a load-carrying and traction body. The drive shaft and its support bearings are subject to significant load. In belt conveyors, much attention is paid to the transfer system of the transported cargo. In this case, the drive shaft and its support bearings play an important role, which are subject to significant wear during operation.

Key words: wear; shaft; tension; drive shaft; belt conveyor.

Ленточные конвейеры широко распространены в легкой и пищевой промышленности. Ленточные конвейеры, использованные в производстве табачных изделий, находятся внутри машин и являются коротким по длине компактными горизонтальными ленточными конвейерами.

Приводной вал (барaban) является одним из наиболее нагруженных элементов ленточного конвейера. Такой приводной вал, например, имеет длину 1100 мм и диаметр 80 мм.

Как показывает опыт эксплуатации, одной из причин отказов приводного вала является изнашивание самого вала и его опорных подшипников.

Это приводит к возникновению погрешности нормальной подачи сырья, что в свою очередь, ведёт к дефектам изготовленного продукта.

В данной работе рассмотрены анализы причин отказов приводных валов ленточного конвейера, определение аналитической зависимости, устанавливающая характер изменения давления по поверхности контакта ленты с поверхностью приводного вала конвейера с учётом коэффициента сцепления от давления, учитывание при расчёте динамической нагрузки в ленточных конвейерах при пуске и торможении. Они характеризуются появлением динамических натяжений в конвейерной ленте и дополнительных нагрузок в элементах конвейера.

При пуске может возникнуть неустойчивая работа приводного вала и его пробуксовка, которая сопровождается интенсивным изнашиванием вала, его нагревом и резким снижением коэффициента сцепления.

При торможении в результате перераспределения натяжений в ленте может произойти потеря её продольной устойчивости, образование значительных провесов или гофр, просыпей груза, а также пробуксовка вала.

Таким образом, основной задачей при расчёте нагрузок в ленточных конвейерах является определение результирующих натяжений как на приводном вале, так и вдоль става конвейера с учётом динамических и статических составляющих. Это позволяет выбирать оптимальные предварительные натяжения в ленте и исключить отмеченные выше явления.

Динамическая система конвейера (рис. 1, а) представляет собой замкнутый контур конвейерной ленты, состоящий из двух ветвей – набегающей верхней и сбегаящей нижней. В этом контуре с помощью механического натяжного устройства 1, расположенного в задней части, создаётся предварительное статическое натяжение $S_{ст}$, равное натяжению при установившемся режиме работы.

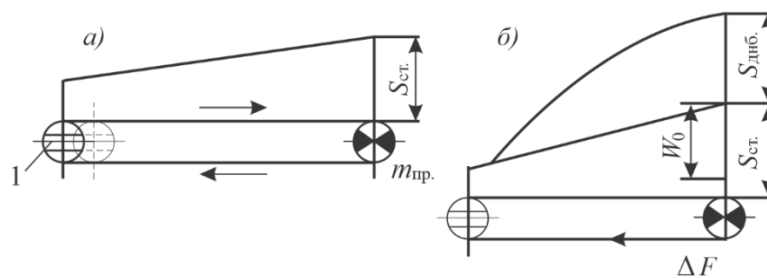


Рис. 1. Расчетная схема динамической системы ленточного конвейера (а) и диаграмма динамического натяжения в набегающей ветви при его пуске (б).

Ниже приводятся основные результаты динамических расчетов конвейеров. Они зависят от модуля упругости материала ленты, его плотности, распределённой линейной нагрузки на ленте, её натяжения.

где $S_{ст\ нб}$ – статическое натяжение набегающей ветви; μ – коэффициент сцепления ленты с валом; α – угол обхвата вала лентой; k_T – коэффициент запаса сил трения на приводном вале ($k_T = 1,1 \dots 1,15$).

При тормозных режимах определяется минимальное натяжение в верхней ветви ленты, при котором не происходит потеря её поперечной формы. Соответствующая динамическая система конвейера показана на рис. 2.

Динамические нагрузки в ленте при нестационарном движении равны

$$S_{\text{дн}} = c\rho v(t) \quad (1)$$

где c – скорость распространения упругой волны ветвей конвейера;

ρ – плотность ветвей конвейера;

$v(t)$ – скорость смещения сечения ленты.

Нами принято, что приводной вал ведет ленту без пробуксовки, при пуске достаточно найти окружную скорость обода вала и тогда динамические усилия можно определить по формуле (1).

Рассмотрим конвейер жестком натяжном устройстве, расположенным в хвостовой части.

Дифференциальное уравнение для окружной скорости вала при жестком натяжном устройстве

$$\left. \begin{aligned} m_{\text{пр}} \frac{dv}{dt} + c_{\text{г}}\rho_{\text{г}}v + c_{\text{п}}\rho_{\text{п}}v &= \Delta F \\ \text{или } m_{\text{пр}} \frac{dv}{dt} + Av &= \Delta F \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где $A = c_{\text{г}}\rho_{\text{г}} + c_{\text{п}}\rho_{\text{п}}$

$c_{\text{г}}$ и $c_{\text{п}}$ – скорость распространения упругой волны соответственно грузовой и порожняковой ветвей конвейера;

$\rho_{\text{г}}$ и $\rho_{\text{п}}$ – плотностью соответственно грузовой и порожняковой ветвей конвейера;

$\Delta F = (F_0 - W_0)$ – избыточное усилие в приводе;

F_0 – усредненное значение пусковое усилие;

W_0 – суммарная сила сопротивления движению ленты;

$m_{\text{пр}}$ – приведенная к ободу вала масса привода.

$$m_{\text{пр}} = \frac{k(GD)_{\text{р}}^2 i^2}{gD_{\text{в}}} \quad (3)$$

$k = 1,2 \div 1,3$ коэффициент, учитывающий инерцию редуктора; i – передаточное число редуктора; $(GD)_{\text{р}}^2$ – маховой момент ротора двигателя; $D_{\text{в}}$ – диаметр приводного вала.

Решение дифференциального уравнения (2) при начальном условии $v = 0$ при $t = 0$ имеет вид

$$v(t) = -\frac{\Delta F}{A} \left(e^{-\frac{A}{m_{\text{пр}}}t} - 1 \right) \quad (4)$$

Согласно выражению (1) динамическое натяжение определяется по формуле:

$$\left. \begin{aligned} S_{\text{днб}}(t) &= -\frac{\Delta F c_{\text{г}} \rho_{\text{г}}}{A} \left(e^{-\frac{A}{m_{\text{пр}}}t} - 1 \right); \\ S_{\text{днб}}(t) &= -\frac{\Delta F c_{\text{п}} \rho_{\text{п}}}{A} \left(e^{-\frac{A}{m_{\text{пр}}}t} - 1 \right); \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Динамическая волна на сбегавшей ветви является волной сжатия.

Натяжение в точке набегания определяется амплитудой падающей волны растяжения в момент времени $\tau = \frac{L}{c_r} + \frac{L}{c_n}$, после чего увеличения натяжения прекратится.

Пробуксовка на приводной вал отсутствует при выполнении условия

$$\frac{S_{ст.нб} + S_{днб}}{S_{ст.сб} + S_{дсб}} = \frac{1}{K_T} \cdot \rho \mu \alpha \quad (6)$$

где $S_{днб}$ и $S_{дсб}$ – динамическое натяжение в набегающей и в сбегаящей ветви;

$K_T = 1,1 \div 1,15$ – коэффициент запаса сил трения приводного вала;

μ – коэффициент сцепления между лентой и приводным валом;

α – угол обхвата вала лентой.

Таким образом, при решении задачи пуска конвейера необходимо сравнивать время разгона привода конвейера t_p с временем прихода отраженной волны.

Время разгона привода по (4)

$$t_p = -\frac{m_{пр}}{A} \ln \left(1 - \frac{Av_H}{\Delta F} \right) \quad (7)$$

Время прихода отраженной волны для грузенного конвейера определяется

$$t^* = \frac{L}{c_r} + \frac{L}{c_n} \quad (8)$$

где L – длина конвейера.

Сравнения время t_p с t^* , можно установить, что является определяющим при расчете динамических процессов.

В тормозных режимах динамические усилия необходимо рассчитывать, чтобы исключить пробуксовку ленты относительно приводного вала, для опеределения максимально допустимых усилий тормозных устройств, обеспечивающих экстренное торможение.

Рассмотрим процесс торможения конвейера с жестким натяжным устройством, установленным с хвостовой части конвейера (рис.2)

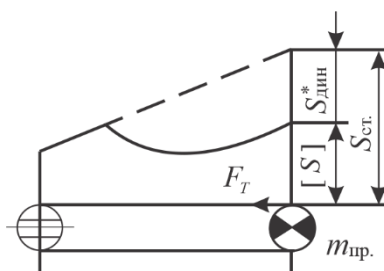


Рис. 2. Совмещённая расчётная схема динамической системы ленточного конвейера и диаграмма динамического натяжения в набегающей ветви при его торможении.

Дифференциальное уравнение движения обода приводного вала

$$m_{пр} \frac{d(v_{уст.} - v)}{dt} + c_r \rho_r (v_{уст.} - v) + c_n \rho_n (v_{уст.} - v) = W_0 + F_T \quad (9)$$

где $v_{уст.}$ – установившаяся скорость конвейера перед торможением; v – текущая скорость приводного вала; F_T – приведенное к ободу вала тормозное усилие.

Решение уравнения (9) при начальном условии $v = v_{уст.}$ при $t = 0$ имеет вид

$$v = v_{уст.} + \frac{W_0 + F_T}{A} \left[\exp\left(-\frac{A}{m_{пр}}\right) - 1 \right], \quad (10)$$

где $A = c_r \rho_r + c_n \rho_n$.

Динамическое натяжение сжатия в набегающе ветви

$$S_{днб} = \frac{(W_0 + F_T)c_r \rho_r}{A} \left[\exp\left(-\frac{A}{m_{пр}}\right) - 1 \right], \quad (11)$$

и натяжение растяжения в сбегающей ветви

$$S_{днб} = \frac{(W_0 + F_T)c_n \rho_n}{A} \left[1 - \exp\left(-\frac{A}{m_{пр}}\right) \right], \quad (12)$$

При торможении загруженного конвейера наиболее неблагоприятное соотношение натяжений оказывается приблизительно в момент времени

$$t = \tau = \left(\frac{L}{c_r} + \frac{L}{c_n} \right) \quad (13)$$

Следовательно, максимальные динамические усилия определяются как

$$S_{днб_{макс}} = \frac{(W_0 + F_T)c_r \rho_r}{A} \left[\exp\left(-\frac{A}{m_{пр}} \tau\right) - 1 \right], \quad (14)$$

$$S_{дсб_{макс}} = \frac{(W_0 + F_T)c_n \rho_n}{A} \left[1 - \exp\left(-\frac{A}{m_{пр}} \tau\right) \right], \quad (15)$$

Отсутствие пробуксовки на приводе запишем в виде

$$\frac{S_{ст.сб} + S_{дсб_{макс}}}{S_{ст.нб} + S_{днб_{макс}}} = \frac{1}{K_r} \cdot \rho \mu \alpha \quad (16)$$

где условие пробуксовки проверяется по худшему случаю.

Условие (16) позволяет определить максимально допустимое тормозное усилие F_T .

Наиболее достоверные результаты получают путем практических измерений на реальных объектах.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Вайнсон А.А. Подъемно-транспортные машины. М.: машиностроение, 1989, 536 с.
2. Киселев Б.Р., Колобов М.Ю. Ленточный конвейер. Расчет и проектирование основных узлов. Иваново, 2019, 179 с.
3. Кожушка Г.Г. Расчет и проектирование ленточных конвейеров: учебно-методическое пособие. Изд-во Урал. Ун-та, 2016, 232 с.
4. Пановко Я.Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. Л.: Политехника, 1989, 272 с.
5. Шахмейстер Л.Г., Дмитриев В.Г. Теория и расчёт ленточных конвейеров. М.: Машиностроение, 1987, 336 с.

UOT: 622.276.5:665.613.2

ПРОСТЫЕ СТАЦИОНАРНЫЕ ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ПОТОКИ НЕСЖИМАЕМОЙ НЕНЬЮТОНОВСКОЙ НЕФТИ В ОДНОРОДНОМ ПЛАСТЕ ПО ЗАКОНУ А.КРАСНОПОЛЬСКОГО

¹ГУСЕЙНОВА Р.К., ²КЯЗИМОВ Ф.К.

¹Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, ²НИПИнефтегаз SOCAR,
ritahuseynova2010@gmail.com, fazilkazimov2012@gmail.com

Азербайджанская Республика, г. Баку

РЕЗЬЮМЕ

В статье решены три стационарные гидродинамические задачи о простых фильтрационных потоках несжимаемой неньютоновской нефти в однородном горизонтальном пласте по нелинейному закону фильтрации А.Краснопольского. Для рассматриваемых плоско-параллельного, плоско-радиального и полусферически-радиального простых потоков несжимаемой неньютоновской нефти были выведены основные расчетные гидродинамические формулы эксплуатационных скважин и галереи и формулы показателей разработки однородной залежи. Все выведенные формулы необходимо использовать при решении различных теоретических и практических задач разработки залежей неньютоновской нефти, а также при составлении проекта разработки нового разведанного нефтяного месторождения.

Ключевые слова: неньютоновская нефть, стационарная задача, плоско-параллельный поток, плоско-радиальный поток, полусферически-радиальный поток, дебит нефти, скорость фильтрации, текущее давление, градиент давления, продолжительность продвижения нефти.

SIMPLE STATIONARY FILTRATION FLOWS OF INCOMPRESSIBLE NON-NEWTONIAN OIL IN A HOMOGENEOUS RESERVOIR ACCORDING TO A. KRASNOPOL'SKY'S LAW

ABSTRACT

The article solves three stationary hydrodynamic problems about simple filtration flows of incompressible non-Newtonian oil in a homogeneous horizontal reservoir according to A. Krasnopolsky's non-linear filtration law. For the considered plane-parallel, plane-radial and hemispherical-radial simple flows of incompressible non-Newtonian oil, the main calculation hydrodynamic formulas of production wells and galleries and formulas for indicators of homogeneous reservoir development were derived. All the derived formulas must be used in solving various theoretical and practical problems of developing non-Newtonian oil deposits, as well as in drawing up a project for the development of a new explored oil field.

Key words: non-Newtonian oil, stationary problem, plane-parallel flow, plane-radial flow, hemispherical-radial flow, oil production rate, filtration rate, current pressure, pressure gradient, duration of oil advance.

A.KRASNOPOLSKÍ QANUNUNA GÖRƏ BİRCİNS LAYDA SİXİLMAYAN QEYRİ-NYUTON NEFTİNİN SADƏ STASİONAR SÜZÜLMƏ AXINLARI

XÜLASƏ

Məqalədə A.Krasnopolskinin qeyri-xətti süzülmə qanununa əsasən bircins üfuqi layda sıxılmayan qeyri-nyuton neftinin sadə süzülmə axınlarına dair üç stasionar hidrodinamik məsələ həll edilmişdir. Sıxılmayan qeyri-nyuton neftinin baxılan yastı-paralel, yastı-radial və yarımşferik-radial sadə axınları üçün hasilat quyuları və qalereyalara görə əsas hidrodinamik hesablama düsturları və bircins layın işlənmə göstəriciləri üçün düsturlar çıxarılmışdır. Bütün bu çıxarılmış düsturlardan qeyri-nyuton neft yataqlarının işlənməsinin müxtəlif nəzəri və praktik məsələlərinin həllində, habelə yeni kəşf edilmiş neft yataqlarının işlənmə layihəsinin tərtibində bilavasitə istifadə edilməlidir.

Açar sözlər: Qeyri-nyuton nefti, stasionar məsələ, yastı-paralel axın, yastı-radial axın, yarımşferik-radial axın, neft debiti, süzülmə sürəti, cari təzyiq, təzyiq qradienti, neftin hərəkətinin davamlılığı.

В статье решены три стационарные гидродинамические задачи в которых фильтрации подчиняются только нелинейному закону А.Краснопольского [1, 4-13].

1. В первой задаче, фильтрация нефти происходит с плоско-параллельным потоком. На рис. 1 показана схема системы, «прямолинейная галерея – полосообразная залежь», в котором представлены следующие условные пластовые обозначения:

P_k - пластовое давление, P - динамическое забойное давление галереи, P_r - текущее давление, x - текущая пространственная координата, L_k - длина залежи, h - толщина продуктивного пласта, ox - ось абсцисс.

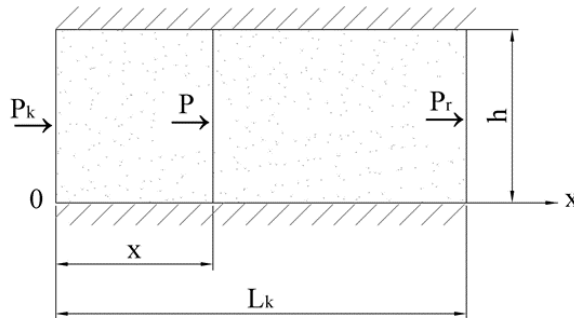


Рис. 1. Схема системы «прямолинейная галерея – полосообразная залежь».

Нелинейный закон фильтрации А.Краснопольского в дифференциальной форме выражается в следующем виде:

$$v = -C \left(\frac{dP}{dx} \right)^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (1)$$

Площадь поверхности фильтрации будет:

$$F = B \cdot h \dots \dots \dots (2)$$

где B - ширина полосообразной залежи, h - толщина пласта.

Используя значения v и F в формулах (1) и (2), получаем следующее дифференциальное уравнение:

$$Q = F \cdot v = -BhC \left(\frac{dP}{dx} \right)^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (3)$$

Разделяем уравнение (3) на переменные и интегрируя его в пределах по P от P_k до P_r и по x от нуля до L_k , выводим следующую формулу для дебита галереи:

$$Q = \frac{BhC}{L_k^{\frac{1}{2}}} (P_k - P_r)^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (4)$$

Скорость фильтрации неньютоновской нефти будет:

$$v = \frac{C}{L_k^{\frac{1}{2}}} (P_k - P_r)^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (5)$$

Как видно из формулы (5), текущая скорость фильтрации не изменяется в зависимости от пространственной координаты то-есть от абсциссы x , а остается постоянной.

А теперь интегрируем дифференциальное уравнение (3) в других пределах, т.е. по P от P_k до P и по x от L_k до x :

$$\left(-\frac{Q}{BhC}\right)^2 \int_x^{L_k} dx = \int_P^{P_k} dP$$

$$\left(-\frac{Q}{BhC}\right)^2 (L_k - x) = P_k - P \dots\dots\dots (6)$$

Подставляя значение Q из формулы (4) в формуле (6), получаем следующий закон распределения текущего давления в полосообразной залежи:

$$P = P_k - \frac{L_k - x}{L_k^{\frac{1}{2}}} \cdot (P_k - P_r)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (7)$$

Дифференцируя P по x в формуле (7), получаем следующее выражение для текущего градиента давления в данной залежи:

$$\frac{dP}{dx} = -\frac{1}{L_k^{\frac{1}{2}}} (P_k - P_r)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (8)$$

Для нахождения значения частичной продолжительности продвижения неньютоновской нефти используем это известную связь:

$$w = \frac{v}{m} = -\frac{dx}{dt} \dots\dots\dots (9)$$

где w - средняя истинная скорость движения неньютоновской нефти в поровых каналах породы пласта, v - скорость фильтрации, m - коэффициент пористости пород продуктивного пласта, t - продолжительность продвижения нефти в дренажной зоне пласта (время).

Подставляя значение v из формулы (5) в уравнение (9), получаем:

$$\frac{c}{mL_k^{\frac{1}{2}}} (P_k - P_r)^{\frac{1}{2}} = \frac{dx}{dt} \dots\dots\dots (10)$$

Отсюда имеем:

$$dt = \frac{mL_k^{\frac{1}{2}}}{c(P_k - P_r)^{\frac{1}{2}}} \cdot dx \dots\dots\dots (11)$$

Интегрируя уравнение (11) в пределах по t от нуля до t и по x от x до L_k , получаем:

$$t = \frac{mL_k^{\frac{1}{2}}}{c(P_k - P_r)^{\frac{1}{2}}} \cdot (L_k - x) \dots\dots\dots (12)$$

По формуле (12), вычисляется частичная продолжительность продвижения неньютоновской нефти в однородной полосообразной залежи от текущего положения x до галереи. При $x = 0 : t = T$ и имеем:

$$T = \frac{mL_k^{\frac{3}{2}}}{c(P_k - P_r)^{\frac{1}{2}}} \dots\dots\dots (13)$$

По формуле (13) вычисляется полная продолжительность полного продвижения неньютоновской нефти в однородной полосообразной залежи от контура питания до галереи.

2. Во второй задаче фильтрация несжимаемой неньютоновской нефти происходит с плоско-радиальным простым потоком [3, 5, 8, 10].

На рис. 2 представляя схема системы «скважина-круговая залежь» в котором представлены следующие условные обозначения: P_k - пластовое давление, P - текущее давление, P_c - динамическое забойное давление скважины, R_k - радиус контура питания, r_c - радиус скважины, r - текущий радиус-вектор, h - мощность (толщина) продуктивного пласта.

Нелинейный закон фильтрации А.Краснопольского для плоско-радиального простого потока имеет следующий вид:

$$v = C \left(\frac{dP}{dr} \right)^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (14)$$

Площадь текущей цилиндрической поверхности фильтрации будет:

$$F = 2\pi r h \dots \dots \dots (15)$$

где $\pi = 3,14$, h - толщина продуктивного пласта.

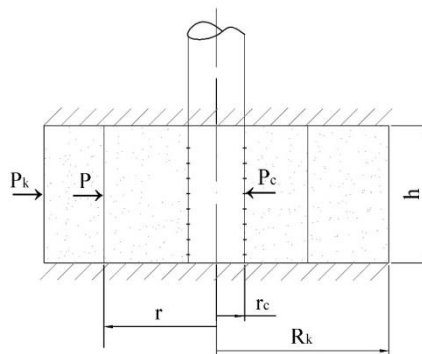


Рис. 2. Схема системы «скважина-круговая залежь»

Используя значения v и F из формулы (14) и (15), получаем следующее дифференциальное уравнение:

$$Q = F \cdot v = 2\pi r h C \left(\frac{dP}{dr} \right)^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (16)$$

Разделяя на переменные уравнение (16) и интегрируя его в пределах по P от P_k до P_c и по r от R_k до r_c , выводим формулу для дебита скважины в виде:

$$Q = 2\pi h C \frac{(P_k - P_c)^{\frac{1}{2}}}{\left(\frac{1}{r_c} - \frac{1}{R_k} \right)^{\frac{1}{2}}} \dots \dots \dots (17)$$

Текущая скорость фильтрации неньютоновской нефти будет:

$$v = C \frac{(P_k - P_c)^{\frac{1}{2}}}{\left(\frac{1}{r_c} - \frac{1}{R_k} \right)^{\frac{1}{2}}} \cdot \frac{1}{r} \dots \dots \dots (18)$$

А теперь интегрируем дифференциальное уравнение (16) в других пределах по P от P_k до P и по r от R_k до r :

$$\left(\frac{Q}{2\pi h C} \right)^2 \int_{R_k}^r \frac{dr}{r^2} = \int_P^{P_k} dP$$

$$\frac{Q}{2\pi h C} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R_k} \right)^{\frac{1}{2}} = (P_k - P)^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (19)$$

Подставляя значение Q из формулы (17) в формуле (19), получаем следующий закон распределения текущего давления в дренажной зоне однородной круговой залежи:

$$P = P_k - \frac{P_k - P_c}{\frac{1}{r_c} - \frac{1}{R_k}} \cdot \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R_k} \right) \dots\dots\dots (20)$$

Дифференцируя P по r в формуле (20), получаем следующее выражение для текущего градиента давления:

$$\frac{dP}{dr} = \frac{P_k - P_c}{\frac{1}{r_c} - \frac{1}{R_k}} \cdot \frac{1}{r^2} \dots\dots\dots (21)$$

Подставляя значение текущего градиента давления из формулы (21) в формуле (14), находим следующее выражение для текущей скорости фильтрации неньютоновской нефти в дренажной зоне однородной круговой залежи, как оно получилось в формуле (18).

А теперь определим частичную продолжительность продвижения этой нефти от текущего положения r до скважины:

$$\frac{C (P_k - P_c)^{\frac{1}{2}}}{m \left(\frac{1}{r_c} - \frac{1}{R_k} \right)^{\frac{1}{2}}} \cdot \frac{1}{r} = - \frac{dr}{dt} \dots\dots\dots (22)$$

Разделяя на переменные дифференциальное уравнение (22) и решая его в пределах по t от нуля до t и по r от нуля до r_c , получается частичная продолжительность продвижения нефти, в виде:

$$t = \frac{m \left(\frac{1}{r_c} - \frac{1}{R_k} \right)^{\frac{1}{2}}}{2C (P_k - P_c)^{\frac{1}{2}}} \cdot (r^2 - r_c^2) \dots\dots\dots (23)$$

При $r = R_k$, $t = T$ и имеем:

$$T = \frac{m \left(\frac{1}{r_c} - \frac{1}{R_k} \right)^{\frac{1}{2}}}{2C (P_k - P_c)^{\frac{1}{2}}} \cdot (R_k^2 - r_c^2) \dots\dots\dots (24)$$

По этой формуле вычисляется полная продолжительность продвижения нефти от контура питания до скважины.

3. В третьей задаче фильтрация несжимаемой неньютоновской нефти происходит с полусферически-радиальным простым потоком в пласте с большой мощностью.

На рис. 3 представлена схема системы «скважина-полусферически-радиальная залежь», в которой представлены следующие условные обозначения: P_k - пластовое давление, P - текущее давление, P_c - динамическое забойное давление скважины, R_k - радиус контура питания, r_c - радиус скважины, r - радиус-вектор

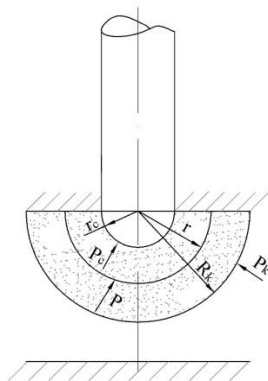


Рис. 3. Схема системы «полусферическая залежь-скважина».

Нелинейный закон фильтрации для полусферического простого потока тоже выражается по формуле (14). Площадь текущей полусферической поверхности фильтрации будет:

$$F = 2 \cdot \pi \cdot r^2 \dots\dots\dots (25)$$

Используя значения v и F из формулы (14) и (26), получаем следующее дифференциальное уравнение:

$$Q = Fv = 2\pi r^2 C \left(\frac{dP}{dr}\right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (26)$$

Разделяя на переменные уравнение (26) и интегрируя в пределах по r от R_k до r_c и по P от P_k до P_c , выводим формулу дебита скважины, в виде:

$$Q = 2\pi C \frac{(P_k - P_c)^{\frac{1}{2}}}{\sqrt{3}(R_k^3 - r_c^3)^{\frac{1}{2}}} \dots\dots\dots (27)$$

С учетом формул (25) и (27), получаем следующую формулу для текущей скорости фильтрации нефти в этой залежи:

$$v = C \frac{(P_k - P_c)^{\frac{1}{2}}}{\sqrt{3}(R_k^3 - r_c^3)^{\frac{1}{2}}} \cdot \frac{1}{r^2} \dots\dots\dots (28)$$

Интегрируя дифференциальное уравнение (26) в других пределах по r от R_k до r и по P от P_k до P :

$$\left(\frac{Q}{2\pi C}\right)^2 \int_r^{R_k} \frac{dr}{r^4} = \int_P^{P_k} dP \dots\dots\dots (29)$$

получаем:

$$\left(\frac{Q}{2\pi C}\right)^2 = \frac{\sqrt{3}(P_k - P)^{\frac{1}{2}}}{(R_k^3 - r^3)^{\frac{1}{2}}} \dots\dots\dots (30)$$

Подставляя значение Q из формулы (28) в формуле (31), получаем следующее выражение для закона распределения текущего давления P в залежи:

$$P = P_k - \frac{P_k - P_c}{9(R_k^3 - r^3)} \cdot (R_k^3 - r^3) \dots\dots\dots (31)$$

Дифференцируя P по r в формуле (32), получаем формулу текущего градиента давления, в виде:

$$\frac{dP}{dr} = \frac{P_k - P_c}{9(R_k^3 - r^3)} \cdot r^2$$

Частичная продолжительность продвижения нефти в пласте от текущего положения r до скважины определена, в виде:

$$t = \frac{\sqrt{3}m(R_k^3 - r_c^3)}{3C(P_k - P_c)^{\frac{1}{2}}} \cdot (r^3 - r_c^3) \dots\dots\dots (32)$$

При $r = R_k$; $t = T$ и:

$$T = \frac{\sqrt{3}m(R_k^3 - r_c^3)}{3C(P_k - P_c)^{\frac{1}{2}}} \cdot (R_k^3 - r_c^3) \dots\dots\dots (33)$$

По этой формуле вычисляется полная продолжительность нефти в залежи от контура питания до скважины.

Выводы

1. В статье решены три стационарной гидродинамической задачи, в которых фильтрации подчиняются только нелинейному закону А.Краснопольского. В этих задачах

происходит простые фильтрационные потоки: плоско-параллельная, плоско-радиальная и полусферически-радиальная.

2. Выведены все основные расчетные формулы характеризующие процессы фильтрации неньютоновской нефти в простых потоках, т-е дебиты галереи и скважин, текущее скорости фильтрации, текущего градиента давления и т.д.
3. Выведенные формулы нужно использовать при решении различных практических задач разработки залежей неньютоновской нефти, в том числе, при составлении проекта разработки нового разведанного нефтяного месторождения.
4. Анализируя все выведенные формулы, можно выявить специфические особенности разработки указанных залежей, разработать и внедрять необходимые мероприятия по устранению всех возможных видов осложнений и нежелательных явлений.

Литература

1. Novruzova S.H., Mustafayev S.D. Sıxılmayan qeyri-nyuton neftin bircins məsəməli mühtdə düzxətli kəhrizə yastı-parallel sadə süzölmə axını. EKO-ENERGETİKA elmi-texniki jurnal. 2019, № 2, s. 36-38.
2. Исмаилов О.Дж. Способ контроля за процессом формирования песчаной пробки в работающей штанговой глубиннонасосной скважине, продуцирующей неньютоновские нефти. АНХ, № 3, с. 64-66.
3. Мустафаев С.Д., Асадов А.Ш., Мустафаев Н.С., Садыгова Н.С. Несмешивающееся вытеснение одной несжимаемой неньютоновской жидкости другой в однородной пористой среде. Azərbaycan Elmi Beynəlxalq jurnal. 2010, № 7-8, s. 42-45.
4. Mustafayev S.D., İsmayilov O.S., Садыгова Н.С. Qeyri-bircins məsəməli mühtdə qeyri-nyuton mayenin yastı-radial stasionar süzölmə axını. Azərbaycan Elmi Beynəlxalq jurnal. 2012, № 8-9, s. 91-96.
5. Mustafayev S.D., Şıxıyev M.N., Kazimov F.K., Hüseynova R.K., Mustafayev N.S. Sıxılmayan qeyri-nyuton mayələrin bircins məsəməli mühtdə yastı-radial süzölmə axınları. ANX, 2009, № 11, s. 35-37.
6. Пыхачев Г.Б., Исаев Р.Г. Подземная гидравлика. М.: «Недра», 1973, 360 с.
7. María Anguiano, Matthieu Bonnavard, Francisco J. Suárez-Grau. Carreau law for non-Newtonian fluid flow through a thin porous media. Quarterly Journal of Mechanics and Applied Mathematics, 2022, 75 (1), pp.1-27. [ff10.1093/qjmam/hbac004ff](https://doi.org/10.1093/qjmam/hbac004ff). [ffhal-02906828v2f](https://doi.org/10.1093/qjmam/hbac004ff).
8. A.Zakirov, L.Igamberdiyeva, SH.Karimov, O.Bakhtiyarov. Experimental study of the features of filtration of non-Newtonian oils in a porous medium. E3S Web of Conferences 371, 01048 (2023) AFE-202/ <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337101048>.
9. Numerical Modeling of Non-Newtonian Fluid Flow in Fractures and Porous Media. Kai Bao, Alexandre Lavrov, Halvor Moll Nilsen. December 2017, Computational Geosciences 21(7). DOI:10.1007/s10596-017-9639-y
10. M.G.Alieva, N.G.Valiev. Simple stationary filtering flows of incompressible non-newtonian oil in a homogeneous formation according to a general nonlinear law / News of the Ural State Mining University. 2021. Issue 1(61), pp. 39-45 <https://doi.org/10.21440/2307-2091-2021-1-39-45>.
11. Maduranga Amaratunga*, Herimonja A. Rabenja Fimanantsoa, Rune W. Time. Estimation of shear rate change in vertically oscillating non-Newtonian fluids: Predictions on particle settling/ Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics. journal homepage: www.elsevier.com/locate/jnnfm 277 (2020) 104236.
12. Jet flows in non-Newtonian fluids. November 2000. Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik 51(6):922-941. DOI:10.1007/PL00001530.
13. Мустафаев С.Д., Кязимов Ф.К., Гусейнова Р.К., Мустафаев Н.С. Простые стационарные фильтрационные потоки несжимаемой неньютоновской нефти по нелинейному закону фильтрации А.Краснопольского. DOI: 10.24412/2619-0761-2023-2-4-11. Vector of Geosciences, 6(2) 2023.

UOT: 621.822.5:621.432

PİSTONLU MAŞINLARDA DİRSƏKLİ VALİN RƏQSİ HƏRƏKƏTİNİN TƏDQIQI VƏ MÖHKƏMLİK HESABI

Aygün A. BƏKİROVA

Azərbaycan Texniki Universiteti,

aygun.bekirova@aztu.edu.az

XÜLASƏ

Neft-qaz sənayesində istifadə olunan pistonlu kompressorların və nasosların fasiləsiz və etibarlı istismarı təcrübə üçün böyük əhəmiyyət kəsb edir. Kompressorlarda və nasoslarda mexaniki və rəqsi hərəkətlərlə bağlı mürəkkəb məsələlərin öyrənilməsi neft və qazın istismarı və nəqlinin dayanıqlığının artırılması məsələlərini həll etməyə imkan verir. Kompressor-nasos stansiyalarının səmərəliliyinin və dayanıqlığının yüksəldilməsi bilavasitə müxtəlif elementlərin düzgün hesablanması və konstruksiyası pistonlu maşınların mexaniki parametrlərindən asılıdır.

Pistonlu kompressorların krank-porşenli mexanizmlərinə təsir edən qüvvələrin təyini problemi işçi hissələrdə sürtünmə prosesinin öyrənilməsi, həmçinin bu kompressorun hərəkət edən dirsək valının rəqsi hərəkətinin öyrənilməsi zamanı yaranır. Porşenli kompressor işlədikdə, eyni zamanda vala dairəvi rəqslər və əyilmə rəqsləri təsir edir. Dirsəkli valın müxtəlif kəsiklərində fırlanma momentdən yaranan toxunan gərginlikdən başqa, əyilmə momentindən yaranan normal gərginlik də yaranır. Valın iş rejimini düzgün qiyməkləndirmək üçün bütün bu gərginlikləri nəzərə almaq lazımdır, belə ki, valın etibarlı işi, bu gərginliklərdən asılıdır Porşenli kompressor işlədikdə, eyni zamanda vala dairəvi rəqslər və əyilmə rəqsləri təsir edir. Dirsəkli valın müxtəlif kəsiklərində fırlanma momentdən yaranan toxunan gərginlikdən başqa, əyilmə momentindən gərginlik də yaranır. Valın iş rejimini düzgün qiyməkləndirmək üçün bütün bu gərginlikləri nəzərə almaq lazımdır, belə ki, valın etibarlı işi, bu gərginliklərdən asılıdır Bu şərtlər kompressorun birləşdirici çubuğunun və krank şaftının qırılmasına səbəb ola biləcək təhlükəli gərginliklər yarada bilər.

Tədqiqatın nəticələri neft-qaz sənayesində istifadə olunan kompressor stansiyalarının layihələndirilməsi və istismarı üçün faydalı ola bilər.

Açar sözlər: Pistonlu kompressor, rəqsi hərəkət, möhkəmlik, val.

ABOUT THE OSCILLATING MOTION AND CALCULATING HARDNESS OF THE SHAFT IN PISTON COMPRESSORS

ABSTRACT

The uninterrupted and reliable operation of piston compressors and pumps used in the oil and gas industry is of great importance for practice. The study of complex issues related to mechanical and oscillatory movements in compressors and pumps allows us to solve issues of increasing the sustainability of the operation and transportation of oil and gas. Increasing the efficiency and stability of compressor pumping stations directly depends on the correct calculation of various elements and mechanical parameters of piston machines.

The problem of determining the forces acting on the crank-piston mechanisms of piston compressors arises when studying the process of friction in the working bodies, as well as when studying the oscillatory motion of the moving crankshaft of this compressor. When a piston compressor operates, the shaft is simultaneously affected by circular vibrations and bending vibrations. In addition to shear stress caused by torque, normal stress caused by bending moment also occurs in various sections of the crankshaft. All these stresses must be taken into account to correctly calculate the operating mode of the shaft, since the reliable operation of the shaft depends on these stresses. When a piston compressor operates, the shaft is simultaneously affected by circular vibrations and bending vibrations. In addition to the shear stress caused by torque, normal stress is also caused by bending moment at various sections of the crankshaft. All these stresses must be taken into account to correctly calculate the operation of the shaft, since reliable operation of the shaft depends on these stresses. These conditions can create dangerous stresses that can lead to failure of the compressor connecting rod and crankshaft.

The results of the study can be useful in the design and operation of compressor stations used in the oil and gas industry.

Key words: Reciprocating compressor, dancing, hardness, shaft.

О КОЛЕБАТЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ И РАСЧЕТЕ ТВЕРДОСТИ ВАЛА В ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРАХ РЕЗЬЮМЕ

Большое значение для практики имеет бесперебойная и надежная работа поршневых компрессоров и насосов, применяемых в нефтегазовой отрасли. Исследование сложных вопросов, связанных с механическими и колебательными движениями в компрессорах и насосах, позволяет решить вопросы повышения устойчивости эксплуатации и транспортировки нефти и газа. Повышение эффективности и устойчивости компрессорно-насосных станций напрямую зависит от правильного расчета различных элементов и механических параметров поршневых машин.

Задача определения сил, действующих на кривошипно-поршневые механизмы поршневых компрессоров, возникает при исследовании процесса трения в рабочих органах, а также при исследовании колебательного движения движущегося коленчатого вала этого компрессора. При работе поршневого компрессора на вал одновременно воздействуют крутовые колебания и изгибные колебания. Помимо касательного напряжения, вызванного крутящим моментом, в различных сечениях коленчатого вала также возникает нормальное напряжение, вызванное изгибающим моментом. Все эти напряжения необходимо учитывать для правильного расчета режима работы вала, так как от этих напряжений зависит надежная работа вала. При работе поршневого компрессора на вал одновременно воздействуют крутовые колебания и изгибные колебания. Помимо касательного напряжения, вызванного крутящим моментом, нормальное напряжение также вызывается изгибающим моментом в различных сечениях коленчатого вала. Все эти напряжения необходимо учитывать для правильного расчета работы вала, так как от этих напряжений зависит надежная работа вала. Эти условия могут создавать опасные напряжения, которые могут привести к поломке шатуна компрессора и коленчатого вала.

Результаты исследования могут быть полезны при проектировании и эксплуатации компрессорных станций, используемых в нефтегазовой отрасли.

Ключевые слова: Поршневой компрессор, колебание, твердость, вал.

Giriş

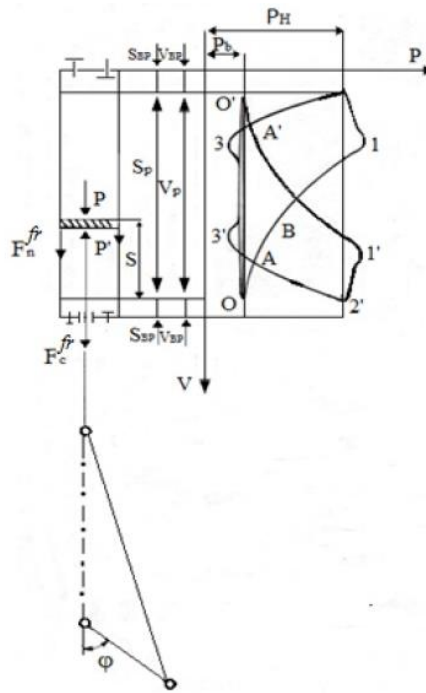
Neft-qaz sənayesində istifadə olunan porşenli kompressorların nasosların fasiləsiz və etibarlı istismarı təcrübə üçün böyük əhəmiyyət kəsb edir. Kompressorlarda və nasoslarda mexaniki və termodinamik hadisələrlə bağlı mürəkkəb məsələlərin öyrənilməsi neft və qazın istismarı və nəqlinin dayanıqlığının artırılması məsələlərini həll etməyə imkan verir. Kompressor-nasos stansiyalarının səmərəliliyinin və dayanıqlığının artırılması birbaşa müxtəlif elementlərin düzgün hesablanmasından və porşenli maşınların mexaniki parametrlərindən asılıdır.

Pistonlu kompressorların krank-porşenli mexanizmlərinə təsir edən qüvvələrin təyini problemi işçi hissələrdə vibrasiya prosesinin öyrənilməsi, həmçinin bu kompressorun hərəkət edən dirsək valının rəqsi hərəkətinin öyrənilməsi zamanı yaranır. Porşenli kompressorun dirsəkli valının əyilmə rəqsinə hesabı, xüsusi əyilmə rəqsinin tezliyinin və bu tezliyin valın təsirləndirici tezliyi ilə müqayisəsi və həmçinin valın ən təhlükəli kəsiklərində əlavə əyilmə gərginliklərinin hesabı ilə bağlıdır. Bu şərtlər valın müxtəlif kəsiklərində fırlanma momentdən yaranan toxunan gərginlikdən başqa, əyilmə momentindən yaranan normal gərginlik də yarada bilər. Valın iş rejimini düzgün qiyməkləndirmək üçün bütün bu gərginlikləri nəzərə almaq lazımdır, belə ki, valın etibarlı işi, bu gərginliklərdən asılıdır. Bu işdə, iş prosesini müşayiət edən əsas amillər nəzərə alınmaqla, porşenli kompressorun valına təsir edən gərginliklər onun xüsusi xüsusiyyətləri baxımından müəyyən edilir. Dirsəkli valın əyilmə rəqsi kompressorun valı boyunca detalların titrəməsindən (vibrasiyası) da yaranır.

Tədqiqatın nəticələri neft-qaz sənayesində istifadə olunan kompressor stansiyalarının layihələndirilməsi və istismarı üçün faydalı ola bilər.

Pistonlu maşınların işçi parametrelərinin təhlili

Porşenli kompressorların ,çarxqolu-dirsək mexanizminə təsir edən fırlanma təyin edilməsi məsələsi işçi hissələrdə vibrasiya prosesinin öyrənilməsi, həmçinin bu kompressorun hərəkət edən krank valının rəqsi hərəkətinin öyrənilməsi zamanı yaranır. Göstərilən gərginliklər kompressorun zaman fasiləsində, diskin periodik dəyişən fırlanma momentinin əmələ gətirdiyi məcburi rəqslər vala müəyyən təsirlər göstərir.. Bu rəqslər valın materialının yorulmasına səbəb olub ki, bunun da nəticəsində onun qırılmasına səbəb ola bilər. Göstərilən bu şərtlər kompressor krank şaftının qırılmasına səbəb ola biləcək təhlükəli gərginliklər yarada bilər. Əvvəlcə, valın fırlanma rəqsinin təsiri altında yaranan toxunan gərginliyin qiymətini təyin edirik. Göstərilən amillərlə proses dörd yerə bölünərək aparılır.1.Valın fırlanma rəqsinin təsiri altında yaranan toxunan gərginliyin qiymətini , 2. Valının hissələrinin elastiklik qüvvəsinin momentini , 3. Kompressorun fırlanma rəqsi hərəkəti zamanı ekvivalent disklərin dönmə bucaqlarını.



Şəkil 1. Pistonlu kompressorun indiqator diaqramı.

Müxtəlif konstruksiyalı maşınlarda ÇSM-ə təsir edən gərginliklərin təyini aşağıdakı işlərdə görmək olar [2,3]. Yuxarıda qeyd olunan işlərdə pistonlu kompressorların iş prosesi bütün əsas amillər nəzərə alınmaqla tam öyrənilmişdir. Təklif etdiyimiz metodologiyada kompressorun dirsək valının işini təmin edən bütün əsas amillər də nəzərə alınmışdır [3 – 12].

Bu diaqramlardan istifadə edərək kompressorun işləmə prosesinin xarakterik nöqtələrində faza açılarını tapacağıq.1. Əvvəlcə, valın fırlanma rəqsinin təsiri altında yaranan toxunan gərginliyin qiymətini təyin edirik.Rezonans rəqslərin amplitudası zamanı valın hissələrində toxunan gərginlikləri, uyğun olaraq aşağıdakı formuladan istifadə etməklə təyin olunur.:

$$\tau_y = \frac{M_{el,max}}{W_f} (1)$$

burada, $M_{el,max}$ – valın baxılan hissələrində elastik qüvvəsinin maksimal momentidir; W_{ftr} – valın fırlanma qütb momentidir. Aşağıdakı ifadələrdən istifadə etməklə valının hissələrinin elastiklik qüvvəsinin momentini aşağıdakı formula ilə təyin etmək olar:

$$M_{el} = \pm C_{i,i+1}(\varphi_{i+1} - \varphi_i) \quad (2)$$

burada, $C_{i,i+1}$ – valın $(i, i + 1)$ sahəsindəki fırlanma sərtliyidir; φ_{i+1} və φ_i – i -ci və $i+1$ -ci kütlələrinin rəqsi bucaq amplitudasıdır.

Aşağıdakı ifadələri istifadə edərək,

$$\begin{aligned} (c_1 - J_0 s^2 \omega^2) A_{0s} + i^2 b s \omega B_{0s} - c_1 A_{1s} &= 0 \\ -i^2 b s \omega A_{0s} + (c_1 - J_0 s^2 \omega^2) B_{0s} - c_1 B_{1s} &= 0 \\ -c_1 A_{0s} + (c_1 + c_2 - J_1 s^2 \omega^2) A_{1s} - c_2 A_{2s} &= a_{1s} \quad (3) \\ -c_1 B_{0s} + (c_1 + c_2 - J_1 s^2 \omega^2) B_{1s} - c_2 B_{2s} &= b_{1s} \\ -c_2 A_{1s} + (c_2 - J_2 s^2 \omega^2) A_{2s} &= a_{2s} \\ -c_2 B_{1s} + (c_2 - J_2 s^2 \omega^2) B_{2s} &= b_{2s} \end{aligned}$$

Nəticədə bu sistem tənliklərinin həll etməklə məchul əmsalları təyin edirik.

$$\begin{aligned} A_{0s} &= \frac{\Delta A_{0s}}{\Delta}; B_{0s} = \frac{\Delta B_{0s}}{\Delta} \\ A_{1s} &= \frac{\Delta A_{1s}}{\Delta}; B_{1s} = \frac{\Delta B_{1s}}{\Delta} \\ A_{2s} &= \frac{\Delta A_{2s}}{\Delta}; B_{2s} = \frac{\Delta B_{2s}}{\Delta} \end{aligned}$$

(3) sistem tənliklərini həll edərək, A_{0s} , B_{0s} , A_{1s} , B_{1s} , A_{2s} və B_{2s} məchul əmsallarını təyin etmək olar

Əvvəlcə, aşağıdakı (1.4) bərabərliyindən kompressorun fırlanma rəqsi hərəkəti zamanı ekvivalent disklərin φ_0 , φ_1 və φ_2 dönmə bucaqlarını, sonra isə bu disklər arasındakı hissələrdə $C_1(\varphi_1 - \varphi_0)$ və $C_2(\varphi_2 - \varphi_1)$ fırlanma momentlərini təyin edə bilərik.

$$\begin{aligned} \varphi_0 &= D_0 + \sum (A_{0s} \cos s\omega t + B_{0s} \sin s\omega t) \\ \varphi_1 &= D_1 + \sum (A_{1s} \cos s\omega t + B_{1s} \sin s\omega t) \quad (4) \\ \varphi_2 &= D_2 + \sum (A_{2s} \cos s\omega t + B_{2s} \sin s\omega t) \end{aligned}$$

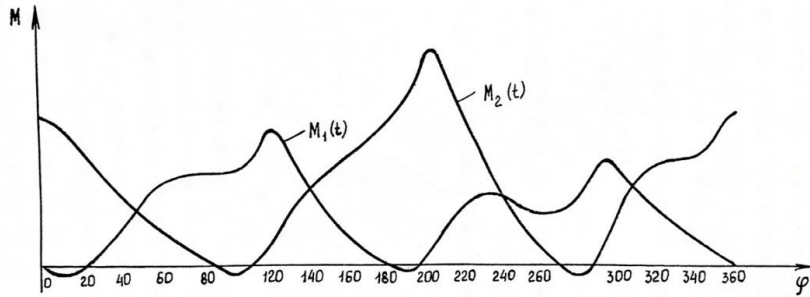
burada,

$$\begin{aligned} D_0 &= 0 \\ D_1 &= -\frac{1}{c_1} \left(i \cdot a - M_{sür0} - \frac{l_1}{l} M_{sür1} \right) \\ D_2 &= -\frac{1}{c_1} \left(i \cdot a - M_{sür0} - \frac{l_1}{l} M_{sür1} \right) - \frac{1}{c_2} \left(i \cdot a - M_{sür0} - M_{sür1} - M_{sür2} + \frac{a_{10}}{2} \right) \end{aligned}$$

$(\varphi_i - \varphi_0)_{max}$ və $(\varphi_2 - \varphi_1)_{max}$ maksimal qiymətlərini təyin etmək üçün φ_0 , φ_1 və φ_2 dönmə bucaqlarının, $s=1,2,3,\dots,18$ ardıcılığı ilə çarxqolunun φ dönmə bucağından asılı olaraq qrafikini qurmaq lazımdır.

Qrafikdən 2.dən görünür ki, çarxqolunun dönmə bucağı $\varphi = 25^0$ olduqda, $(\varphi_1 - \varphi_0)_{max} = 0.005$, çarxqolunun dönmə bucağı $\varphi = 65^0$ olduqda, $(\varphi_2 - \varphi_1)_{max} = 0.005$ olur. Onda, valın hissəsində elastiklik qüvvəsinin maksimal momentləri:

$$\begin{aligned} M_{el\ max1} &= C_1(\varphi_1 - \varphi_0)_{max} = 28.03 \cdot 10^6 \cdot 0.005 = 14015 \text{ Nm} \\ M_{el\ max2} &= C_2(\varphi_2 - \varphi_1)_{max} = 26.91 \cdot 10^6 \cdot 0.005 = 13455 \text{ Nm} \end{aligned}$$



Şəkil2. Vala təsir edən momentin dirsək valın φ dönmə bucağından asılılıq qrafiki

Valın hissələrində(valın I sahəsi üçün) $M_{el\ max1}$ momentindən toxunan gərginlik:

$$\tau_{y1} = \frac{M_{el\ max1}}{W_{fir}} = \frac{14015 \cdot 10^3}{3.14 \cdot 120^3/16} = 41.3276\ MPa$$

Valın hissələrində(valın II sahəsi üçün) $M_{el\ max2}$ toxunan gərginlik:

$$\tau_{y2} = \frac{M_{el\ max2}}{W_{fir}} = \frac{13455 \cdot 10^3}{3.14 \cdot 120^3/16} = 39.6762\ MPa$$

Valın hissələrində(valın I sahəsi üçün) $M_{0\ max}$ statik momentindən toxunan gərginlik:

$$\tau_{c1} = \frac{M_{0\ max}}{W_{fir}} = \frac{63000}{W_{fir}} = 18.582\ MPa$$

Valın hissələrində (valın II sahəsi üçün) $M_{2\ max}$ statik momentindən toxunan gərginlik:

$$\tau_{c2} = \frac{M_{2\ max}}{W_{fir}} = \frac{55903.75}{W_{fir}} = 13.5361\ MPa$$

Bu hesabatlar göstərir ki, valın dinamik hesabatından alınan gərginlik, valın möhkəmliyə statik hesabatından yaranan gərginlikdən bir neçə dəfə böyükdür. Məsələn, valın I sahəsində dinamik hesabatındakı toxunan gərginlik $\frac{\tau_{y2}}{\tau_{c2}} = \frac{41.3276}{18.582} = 2.23$ dəfə, II-sahəsində $\frac{\tau_{y2}}{\tau_{c2}} = \frac{39.6762}{13.5361} = 2.93$ dəfə statik hesabatdakından böyükdür.

İndi valın əyilmə rəqsindən yaranan gərginliyin təyininə baxaq.

Məlumdur ki, əyilmə sərtliyi aşağıdakı formula ilə hesablanır:

$$c = \frac{3EJ \cdot (a+b)}{a^2 \cdot b^2} \quad (5)$$

burada, $E = 0.215 \cdot 10^6\ N/mm^2$ - valın materialının elastiklik moduludur; J – valın en kəsiyinin ətalət momentidir; $J = \pi d^4/64$; a və b müvafiq olaraq sol və sağ dayaqlardan olan məsafədir; l – dayaqlar arсында məsafədir, $l=a+b$.

Valın materialının elastiklik qüvvəsi aşağıdakı formula ilə hesablanır:

$$P = c \cdot \Delta \quad (6)$$

burada, Δ - yerdəyişmədir, əyilmə rəqsindən tapılır.

Bu hesabatlardan görünür ki, maksimal əyilmə gərginliyi kompressorun valın II sahəsində alınır.

Valın II-ci sahəsində yekun gərginliyi təyin edək:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_4^2 + 4\tau^2} = \sqrt{72.99^2 + 4 \cdot 39.6762^2} = 107.8\ MPa > [\sigma] = 100.0\ MPa$$

Bu baxımdan, dinamik hesabatlardan alınan gərginlik təhlükəlidir və kompressorun valının qırılmasına səbəb olur.

Hesabatlar göstərir ki, poşenli maşınlarda çarx qolu mexanizmlərində fırlanma və əyilmə rəqslərində nəzərə alınmalıdır, hansı ki, bu, düzgün statik hesabatları aparılmış belə valların tez-tez qırılmalarına səbəb olur.

Nəticələr

Pistonlu kompressorların valın möhkəmlik analizi nəticəsində valın hissəsində elastiklik qüvvəsinin, maksimal momentləri qiymətlərinin hesablanması işlənib hazırlanmışdır.

İkitəsirli silindri və boru kəmərləli poşenli kompressorların real iş prosesinin valın hissələrində (valın I və II sahəsi üçün) $M_{el,max}$ momentindən toxunan gərginlik Mpa hesablanmışdır.

Valın hissələrində (valın II sahəsi üçün) $M_{el,max}$ toxunan gərginlik nəzərdən keçirilmiş və . Struktur və dinamik analiz kompüter proqramlarında da aparılmışdır. Bu işdə valın toxunan gərginlikləri və valın rəqsi hərəkət zamanı yerdəyişmələr təhlil edilir. Poşenli kompressorda poşenli maşınlarda çarx qolu mexanizmlərində fırlanma və əyilmə rəqslərində nəzərə alınmalıdır, hansı ki, bu, düzgün statik hesabatları aparılmamış belə valların tez-tez qırılmalarına səbəb olur. Alınmış nəticələrini təhlil edərək, bu maşınların istehsalı üçün hansı həndəsi və dinamik parametrlərin davamlı olması qərara alınır. Tədqiqatın nəticələri neft və qaz sənayesində istifadə olunan kompressor stansiyalarının və boru kəmərlərinin layihələndirilməsi və istismarı üçün faydalı ola bilər. Pistonlu kompressorların valın möhkəmlik analizi nəticəsində valın hissəsində elastiklik qüvvəsinin maksimal momentləri təsir etdiyi təyini üsulu işlənib hazırlanmışdır.

ƏDƏBİYYAT

1. Bakhshaliev V.I. *Mechanics of Piston Machines*. Lambert Academic Publishing, Berlin, Germany, 2011, 320p.
2. Davitashvili N., Bakhshaliev V. *Dynamics of Crank-Piston mechanisms*. Springer Publisher, 2016, 242 pp.
3. Rangwala A.S. *Reciprocating Machinery Dynamics*, New Age International Publishers, Delhi, 2006.
4. Френкель М.И. *Поршневые компрессоры: теория, конструкции и основы проектирования*. М., 1969, 744 с.
5. Пластинин П. И. *Поршневые компрессоры. Т. 1. Теория и расчет, 2-е издание*. - М.: Колос, 2000. - 456 с.
6. Сергеев В.И., Юдин К.М. *Исследование динамики плоских механизмов с зазорами*. - М.: Наука, 1974, 111 с.
7. Bakhshaliev V.I. *Mathematical Modelling of the Wear Process of the Nanosurface of Sliding Bearings Made of Self-Lubricating Materials*. Scientific & Academic Publishing, USA, International Journal of Mechanics and Applications, Vol. 2, No. 4, 2012, pp. 43-48
8. Bakhshali Valeh I. *Nanomechanics and its applications: mechanical properties of materials*. Proc. of the International E-Conference on Advances in Engineering, Technology and Management - ICETM 2020, USA, 2020, pp. 77-81
DOI: <https://doi.org/10.15224/978-1-63248-188-7-15>
9. Bakhshaliev V., Ismail I., Bakirova A. *Optimization the wear process and clearances in rotating nanosurfaces of the kinematic couples of reciprocating machines*. International scientific journal of IFToMM "Problems of Mechanics", Tbilisi, 2019, N 1 (74), pp.17-23
10. Haiyan Hu. *Vibration Mechanics. A Research-oriented Tutorial*, Springer Singapore, 2022, p. 497.
DOI: <https://doi.org/10.1007/978-981-16-5457-2>
11. Wittenburg J. *Kinematics. Theory and Applications*. Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2016
DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-48487-6>
12. Filip Ilie. *Modelling of the contact processes in a friction pair with selective-transfer*. *Journal of Materials Research and Technology*. Vol. 12, 2021, pp. 2453-2461
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.04.048>

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

1. "The Baku Engineering University Mechanical and Industrial engineering" accepts original unpublished articles and reviews in the research field of the author.
2. Articles are accepted in English.
3. File format should be compatible with **Microsoft Word** and must be sent to the electronic mail (journal@beu.edu.az) of the Journal. The submitted article should follow the following format:
 - Article title, author's name and surname
 - The name of workplace
 - Mail address
 - Abstract and key words
4. The title of the article should be in each of the three languages of the abstract and should be centred on the page and in bold capitals before each summary.
5. **The abstract** should be written in **9 point** type size, between **100** and **150** words. The abstract should be written in the language of the text and in two more languages given above. The abstracts of the article written in each of the three languages should correspond to one another. The keywords should be written in two more languages besides the language of the article and should be at least three words.
6. **UDC** and **PACS** index should be used in the article.
7. The article must consist of the followings:
 - Introduction
 - Research method and research
 - Discussion of research method and its results
 - In case the reference is in Russian it must be given in the Latin alphabet with the original language shown in brackets.
8. **Figures, pictures, graphics and tables** must be of publishing quality and inside the text. Figures, pictures and graphics should be captioned underneath, tables should be captioned above.
9. **References** should be given in square brackets in the text and listed according to the order inside the text at the end of the article. In order to cite the same reference twice or more, the appropriate pages should be given while keeping the numerical order. For example: [7, p.15].

Information about each of the given references should be full, clear and accurate. The bibliographic description of the reference should be cited according to its type (monograph, textbook, scientific research paper and etc.) While citing to scientific research articles, materials of symposiums, conferences and other popular scientific events, the name of the article, lecture or paper should be given.

Samples:

- a) **Article:** Demukhamedova S.D., Aliyeva İ.N., Godjajev N.M.. *Spatial and electronic structure of monomerrik and dimeric conapeetes of carnosine üith zinc*, Journal of structural Chemistry, Vol.51, No.5, p.824-832, 2010
 - b) **Book:** Christie ohn Geankoplis. *Transport Processes and Separation Process Principles*. Fourth Edition, Prentice Hall, p.386-398, 2002
 - c) **Conference paper:** Sadychov F.S., Aydın C., Ahmedov A.İ.. Appligation of Information – Commu-nication Technologies in Science and education. II International Conference."Higher Twist Effects In Photon- Proton Collisions", Baki, 01-03 Noyabr, 2007, ss 384-391
References should be in 9-point type size.
10. The margins sizes of the page: - Top 2.8 cm. bottom 2.8 cm. left 2.5 cm, right 2.5 cm. The article main text should be written in Palatino Linotype 11 point type size single-spaced. Paragraph spacing should be 6 point.
 11. The maximum number of pages for an article should not exceed 15 pages
 12. The decision to publish a given article is made through the following procedures:
 - The article is sent to at least to experts.
 - The article is sent back to the author to make amendments upon the recommendations of referees.
 - After author makes amendments upon the recommendations of referees the article can be sent for the publication by the Editorial Board of the journal.

YAZI VƏ NƏŞR QAYDALARI

1. "Journal of Baku Engineering University- Mexanika və sənaye mühəndisliyi" - əvvəllər nəşr olunmamış orijinal əsərləri və müəllifin tədqiqat sahəsi üzrə yazılmış icmal məqalələri qəbul edilir.
 2. Məqalələr İngilis dilində qəbul edilir.
 3. Yazılar **Microsoft Word** yazı proqramında, (**journal@beu.edu.az**) ünvanına göndərməlidir. Göndərilən məqalələrdə aşağıdakılara nəzərə alınmalıdır:
 - Məqalənin başlığı, müəllifin adı, soyadı,
 - İş yeri,
 - Elektron ünvanı,
 - Xülasə və açar sözlər.
 4. **Məqalədə başlıq hər xülasədən əvvəl** ortada, qara və böyük hərflə xülasələrin yazıldığı hər üç dildə olmalıdır.
 5. **Xülasə** 100-150 söz aralığında olmaqla, 9 punto yazı tipi böyüklüyündə, məqalənin yazıldığı dildə və bundan əlavə yuxarıda göstərilən iki dildə olmalıdır. Məqalənin hər üç dildə yazılmış xülasəsi bir-birinin eyni olmalıdır. Açar sözlər uyğun xülasələrin sonunda onun yazıldığı dildə verilməklə ən azı üç sözdən ibarət olmalıdır.
 6. Məqalədə UOT və PACS kodları göstərməlidir.
 7. Məqalə aşağıdakılardan ibarət olmalıdır:
 - Giriş,
 - Tədqiqat metodu
 - Tədqiqat işinin müzakirəsi və onun nəticələri,
 - İstinad ədəbiyyatı rus dilində olduğu halda orijinal dili mötəzə içərisində göstərməklə yalnız Latın əlifbası ilə verilməlidir.
 8. **Şəkil, rəsm, grafik və cədvəllər** çapda düzgün, aydın çıxacaq vəziyyətdə və mətn içərisində olmalıdır. Şəkil, rəsm və grafiklərin yazıları onların altında yazılmalıdır. Cədvəllərdə başlıq cədvəlin üstündə yazılmalıdır.
 9. **Mənbələr** mətn içərisində kvadrat mötərizə daxilində göstərməklə məqalənin sonunda mətn daxilindəki sıra ilə düzəlməlidir. Eyni mənbəyə iki və daha çox istinad edildikdə əvvəlki sıra sayı saxlanmaqla müvafiq səhifələr göstərməlidir. Məsələn: [7,səh.15].

Ədəbiyyat siyahısında verilən hər bir istinad haqqında məlumat tam və dəqiq olmalıdır. İstinad olunan mənbənin bibliografik təsviri onun növündən (monoqrafiya, dərslik, elmi məqalə və s.) asılı olaraq verilməlidir. Elmi məqalələrə, simpozium, konfrans, və digər nüfuzlu elmi tədbirlərin materiallarına və ya tezislərinə istinad edərkən məqalənin, məruzənin və ya tezisnin adı göstərməlidir.
- Nümunələr:**
- a) **Məqalə:** Demukhamedova S.D., Aliyeva İ.N., Godjayev N.M.. *Spatial and electronic structure of monomeric and dimeric complexes of carnosine with zinc*, Journal of structural Chemistry, Vol.51, No.5, p.824-832, 2010
 - b) **Kitab:** Christie ohn Geankoplis. *Transport Processes and Separation Process Principles*. Fourth Edition, Prentice Hall, 2002
 - c) **Konfrans:** Sadychov F.S., Aydın C., Ahmedov A.İ.. Appligation of Information-Communication Technologies in Science and education. II International Conference. "Higher Twist Effects In Photon- Proton Collisions", Baki, 01-03 Noyabr, 2007, ss 384-391
- Mənbələr 9 punto yazı tipi böyüklüyündə olmalıdır.
10. **Səhifə ölçüləri:** üstədən 2.8 sm, altdan 2.8 sm, soldan 2.5 sm və sağdan 2.5 sm olmalıdır. Mətn 11 punto yazı tipi böyüklüyündə, **Palatino Linotype** yazı tipi ilə və tək simvol aralığında yazılmalıdır. Paraqraflar arasında 6 punto yazı tipi aralığında məsafə olmalıdır.
 11. Orijinal tədqiqat əsərlərinin tam mətni bir qayda olaraq 15 səhifədən artıq olmamalıdır.
 12. Məqalənin nəşrə təqdimi aşağıdakı qaydada aparılır:
 - Hər məqalə ən azı iki ekspertə göndərilir.
 - Ekspertlərin tövsiyələrini nəzərə almaq üçün məqalə müəllifə göndərilir.
 - Məqalə, ekspertlərin tənqidi qeydləri müəllif tərəfindən nəzərə alındıqdan sonra Jurnalın Redaksiya Heyəti tərəfindən çapa təqdim oluna bilər.

YAZIM KURALLARI

1. “Journal of Baku Engineering University- Makine ve endüstri mühendisliği” önceler yayımlanmamış orijinal çalışmaları ve yazarın kendi araştırma alanın-da yazılmış derleme makaleleri kabul etmektedir.
2. Makaleler İngilizce kabul edilir.
3. Makaleler Microsoft Word yazı programında, (**journal@beu.edu.az**) adresine gönderilmelidir. Gönderilen makalelerde şunlar dikkate alınmalıdır:
 - Makalenin başlığı, yazarın adı, soyadı,
 - İş yeri,
 - E-posta adresi,
 - Özet ve anahtar kelimeler.
4. **Özet** 100-150 kelime arasında olup 9 font büyüklüğünde, makalenin yazıldığı dilde ve yukarıda belirtilen iki dilde olmalıdır. Makalenin her üç dilde yazılmış özeti birbirinin aynı olmalıdır. Anahtar kelimeler uygun özeti sonunda onun yazıldığı dilde verilmekle en az üç sözcükten oluşmalıdır.
5. Makalede UOT ve PACS tipli kodlar gösterilmelidir.
6. Makale şunlardan oluşmalıdır:
 - Giriş,
 - Araştırma yöntemi
 - Araştırma
 - Tartışma ve sonuçlar,
 - İstinat Edebiyatı Rusça olduğu halde orijinal dili parantez içerisinde göstermekle yalnız Latin alfabesi ile verilmelidir.
7. **Şekil, Resim, Grafik** ve **Tablolar** baskıda düzgün çıkacak nitelikte ve metin içerisinde olmalıdır. Şekil, Resim ve grafiklerin yazıları onların alt kısmında yer almalıdır. Tablolarda ise başlık, tablonun üst kısmında bulunmalıdır.
8. **Kullanılan kaynaklar**, metin dâhilinde köşeli parantez içerisinde numaralandırılmalı, aynı sırayla metin sonunda gösterilmelidir. Aynı kaynaklara tekrar başvurulduğunda sıra muhafaza edilmelidir. Örneğin: [7,seh.15]. Referans verilen her bir kaynağın künyesi tam ve kesin olmalıdır. Referans gösterilen kaynağın türü de eserin türüne (monografi, derslik, ilmî makale vs.) uygun olarak verilmelidir. İlmî makalelere, sempozyum, ve konferanslara müracaat ederken makalenin, bildirisinin veya bildiri özetlerinin adı da gösterilmelidir.

Örnekler:

- a) **Makale:** Demukhamedova S.D., Aliyeva İ.N., Godjajev N.M.. *Spatial and Electronic Structure of Monomeric and Dimeric Conapeetes of Carnosine Üith Zinc*, Journal of Structural Chemistry, Vol.51, No.5, p.824-832, 2010
- b) **Kitap:** Christie ohn Geankoplis. *Transport Processes and Separation Process Principles*. Fourth Edition, Prentice Hall, p.386-398, 2002
- c) **Kongre:** Sadychov F.S., Aydın C., Ahmedov A.İ. Appligation of Information-Communication Technologies in Science and education. II International Conference. “*Higher Twist Effects In Photon- Proton Collisions*”, Baki, 01-03 Noyabr, 2007, ss 384-391

Kaynakların büyüklüğü 9 punto olmalıdır.

9. **Sayfa ölçüleri**; üst: 2.8 cm, alt: 2.8 cm, sol: 2.5 cm, sağ: 2.5 cm şeklinde olmalıdır. Metin 11 punto büyüklükte **Palatino Linotype** fontu ile ve tek aralıkta yazılmalıdır. Paragraflar arasında 6 puntoluk yazı mesafesinde olmalıdır.
10. Orijinal araştırma eserlerinin tam metni 15 sayfadan fazla olmamalıdır.
11. Makaleler dergi editör kurulunun kararı ile yayımlanır. Editörler makaleyi düzeltme için yazara geri gönderebilir.
12. Makalenin yayına sunuşu aşağıdaki şekilde yapılır:
 - Her makale en az iki uzmana gönderilir.
 - Uzmanların tavsiyelerini dikkate almak için makale yazara gönderilir.
 - Makale, uzmanların eleştirel notları yazar tarafından dikkate alındıktan sonra Derginin Yayın Kurulu tarafından yayına sunulabilir.
13. Azerbaycan dışından gönderilen ve yayımlanacak olan makaleler için,(derginin kendilerine gönderilmesi zamanı posta karşılığı) 30 ABD Doları veya karşılığı TL, T.C. Ziraat Bankası/Üsküdar-İstanbul 0403 0050 5917 No’lu hesaba yatırılmalı ve makbuzu üniversitemize fakslanmalıdır.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. «Journal of Baku Engineering University» - Механические и промышленного строительства публикует оригинальные, научные статьи из области исследования автора и ранее не опубликованные.
2. Статьи принимаются на английском языке.
3. Рукописи должны быть набраны согласно программы **Microsoft Word** и отправлены на электронный адрес (**journal@beu.edu.az**). Отправляемые статьи должны учитывать следующие правила:
 - Название статьи, имя и фамилия авторов
 - Место работы
 - Электронный адрес
 - Аннотация и ключевые слова
4. **Заглавие статьи** пишется для каждой аннотации заглавными буквами, жирными буквами и располагается по центру. Заглавие и аннотации должны быть представлены на трех языках.
5. **Аннотация**, написанная на языке представленной статьи, должна содержать 100-150 слов, набранных шрифтом 9 punto. Кроме того, представляются аннотации на двух других выше указанных языках, перевод которых соответствует содержанию оригинала. Ключевые слова должны быть представлены после каждой аннотации на его языке и содержать не менее 3-х слов.
6. В статье должны быть указаны коды UOT и PACS.
7. Представленные статьи должны содержать:
 - Введение
 - Метод исследования
 - Обсуждение результатов исследования и выводов.
 - Если ссылаются на работу на русском языке, тогда оригинальный язык указывается в скобках, а ссылка дается только на латинском алфавите.
8. **Рисунки, картинки, графики и таблицы** должны быть четко выполнены и размещены внутри статьи. Подписи к рисункам размещаются под рисунком, картинкой или графиком. Название таблицы пишется над таблицей.
9. **Ссылки** на источники даются в тексте цифрой в квадратных скобках и располагаются в конце статьи в порядке цитирования в тексте. Если на один и тот же источник ссылаются два и более раз, необходимо указать соответствующую страницу, сохраняя порядковый номер цитирования. Например: [7, стр.15]. Библиографическое описание ссылаемой литературы должно быть проведено с учетом типа источника (монография, учебник, научная статья и др.). При ссылке на научную статью, материалы симпозиума, конференции или других значимых научных мероприятий должны быть указаны название статьи, доклада или тезиса.

Например:

- a) **Статья:** Demukhamedova S.D., Aliyeva I.N., Godjayev N.M. *Spatial and electronic structure of monomeric and dimeric complexes of carnosine with zinc*, Journal of Structural Chemistry, Vol.51, No.5, p.824-832, 2010
- b) **Книга:** Christie on Geankoplis. *Transport Processes and Separation Process Principles*. Fourth Edition, Prentice Hall, 2002
- c) **Конференция:** Sadychov F.S, Fydin C, Ahmedov A.I. Application of Information-Communication Nechnologies in Science and education. II International Conference. "Higher Twist Effects In Photon-Proton Collision", Baki,01-03 Noyabr, 2007, ss.384-391

Список цитированной литературы набирается шрифтом 9 punto.

10. **Размеры страницы:** сверху 2.8 см, снизу 2.8 см, слева 2.5 и справа 2.5. Текст печатается шрифтом **Palatino Linotype**, размер шрифта 11 punto, интервал-одинарный. Параграфы должны быть разделены расстоянием, соответствующим интервалу 6 punto.
11. Полный объем оригинальной статьи, как правило, не должен превышать 15 страниц.
12. Представление статьи к печати производится в ниже указанном порядке:
 - Каждая статья посылается не менее двум экспертам.
 - Статья посылается автору для учета замечаний экспертов.
 - Статья, после того, как автор учел замечания экспертов, редакционной коллегией журнала может быть рекомендована к печати.