

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN MEMARLIQ VƏ İNŞAAT UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

MİRKAZIM MİRCABBAR OĞLU ABASOV

**MÖHKƏMLƏNDİRİLMİŞ SİLİNDRİK FORMALI DƏNİZ QURĞU
ELEMENTLƏRİNİN DAYANIQLIĞI VƏ RƏQSLƏRİ**

İxtisas: 3305.08 Hidrotexniki tikinti

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş
dissertasiyanın

AVTOREFERATI

BAKİ – 2018

İş Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetində yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər:

Fizika-riyaziyyat elmləri
doktoru, prof. **Lətifov F.S.**

Rəsmi opponentlər:

1. t.ü.e.d., prof. Bəhrəm Hüseyn oğlu Əliyev – Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, “Meliorasiya və su təsərrüfatı tikintisi” kafedrasının professoru;
2. t.ü.f.d. Cəlaləddin Zərbəli oğlu Vəliyev – Bakı Hidrolayihə İnstitutunun baş mühəndisi.

Aparıcı təşkilat: Azərbaycan İnşaat və Memarlıq Elmi-Tədqiqat İnstitutu.

Müdafiə 22 iyun 2018-ci il, saat 12:00-da Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetində fəaliyyət göstərən **D 02.042** Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: Az. 1073/1, Bakı şəh., A.Sultanova küç.5, Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, II tədris korpusu, iclas zalı, otaq 104.

Dissertasiya işi ilə Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq olar.

Aftoreferat “____” may 2018-ci ildə göndərilmişdir.

D 02.042 Dissertasiya Şurasının elmi katibi,
f-r.ü.f.d., dosent:

A.M.İsayev

DİSSERTASIYA İŞİNİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Azərbaycan Respublikası Dövlət Şəhərsalma və Arxitektura Komitəsinin Kollegiyasının qərarı ilə təsdiq edilmişdir ki, hidrotexniki qurğulara sutullayıcı, suburaxıcı, suqəbuledici, sudurulducu, suötürücü, su nasosxanaları, tunellər, kanallar, kollektorlar, səviyyəlaqləndirici, sahilqoruyucu, sahilbərکیدici, məcranizamlayıcı, balıqburaxan və balıqqoruyucu, Xəzər dənizinin (gölünün) Azərbaycan Respublikasına mənsub olan bölməsində yerləşən dəniz qurğuları (estakadalar, estakadayanı meydançalar, stasionar dəniz platformaları, limanlar, gəmiburaxan şlüzlər), habelə yeraltı və yerüstü su ehtiyatlarından istifadə etmək və suyun zərərli təsirlərinin qarşısını almaq üçün istifadə olunan digər xüsusi mühəndis-texniki qurğulara iddir. Hidrotexniki qurğuların etibarlılığını və təhlükəsizliyini əsaslandırmaq üçün onların hidravlik, süzülmə və temperatur rejimlərini, həmçinin materialların və qrunut əsası təşkil edən süxurların real xassələrini nəzərə alaraq əsasən bütöv mühit mexanikasının ədədi metodikalarını layihə tətbiq etməklə “qurğu - qrunut əsas” sisteminin gərginlik-deformasiya hallarının hesablanması yerinə yetirilməlidir. Odur ki, hidrotexniki qurğuların tikintisində istifadə olunan silindrik formalı elementlərin dinamik sərtlik xüsusiyyətlərinin tədqiqi və belə konstruksiyaların optimal variantının seçilməsi ilə bağlı məsələlər öz aktuallıqlarını indi də saxlamaqdadır. Qeyd edək ki, konstruksiyaların çoxu iş şəraitində mühitlə təmasda olurlar. Belə konstruksiyaların hesabı xarici mühitin təsirinin nəzərə alınmasını zəruri edir və məsələnin həlli kontakt məsələsinin həllinə gətirilir ki, bu da tədqiqat prosesində müəyyən çətinliklər yaradır. Məlumdur ki, konstruksiyanın fiziki və riyazi modelini qurduqda onun istismar şəraitini nəzərə almaq lazımdır.

Beləliklə, statik və ya dinamik yükün təsirinə məruz qalan, maye ilə təmasda olan, qabırğalarla möhkəmləndirilmiş hidrotexniki konstruksiya elementlərinin dayanıqlığının tədqiqi və konstruksiyanın parametrlərinin rəasional variantının seçilməsi aktual məsələdir.

İşin məqsədi. Maye ilə təmasda olan, sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan, qabırğalarla möhkəmləndirilmiş, materialı anizotrop luq xassəsi daşıyan silindrik formalı hidrotexniki qurğu elementlərinin dayanıqlığının itirilməsinə uyğun böhran qüvvəsini tədqiq etmək, konstruksiyanın optimal variantını seçməkdən ibarət olmuşdur.

Dissertasiya işinin praktiki əhəmiyyəti. Dissertasiyada alınmış nəticələrdən dinamik qüvvənin təsirinə məruz qalan silindrik formalı hidrotexniki qurğu elementlərinin dayanıqlığının tədqiqində, konstruksiyanın optimal variantının seçilməsində istifadə etmək olar.

Dissertasiya işinin elmi yeniliklərini aşağıdakılar təşkil edir:

1. Statik və dinamik qüvvənin təsirinə məruz qalan, səthində diskret paylanmış qabırğalarla möhkəmləndirilmiş, materialı anizotrop luq xassəsi daşıyan silindrik formalı hidrotexniki qurğu elementlərinin dayanıqlığının itirilməsinə uyğun böhran qüvvəsini tədqiq edilmiş və silindrik qabırğın parametrlərinin optimal variantını tapmaq üçün məsələnin fiziki və riyazi modeli qurulmuşdur;
2. Hamilton-Ostrogradski variasiya prinsipinin köməyi ilə tədqiq olunan silindrik formalı hidrotexniki qurğu elementlərinin dayanıqlığının itirilməsinə uyğun böhran qüvvəsi tapılmış, bunun əsasında optimallaşdırma parametrini və ya nisbi effektivlik əmsalının tapmaq üçün tənlik qurulmuşdur;
3. Tədqiq olunan konstruksiyanın dayanıqlığının itirilməsinə uyğun böhran gərginliklərini və optimallaşdırma parametrini hesablamaq üçün analitik ifadələr alınmış və bu kəmiyyətlərə sistemi xarakterizə edən fiziki, mexaniki və həndəsi parametrlərin təsiri öyrənilmişdir;
4. Optimallaşdırma parametri və ya nisbi effektivlik əmsalının köməyi ilə materialı anizotrop luq xassəsi daşıyan silindrik formalı hidrotexniki qurğu elementlərini möhkəmləndirmək üçün qabırğaların sayının optimal variantı tapılmış, bu kəmiyyətə sistemi xarakterizə edən fiziki, mexaniki və həndəsi parametrlərin təsiri tədqiq olunmuşdur.

İşin aprobasiyası. Dissertasiya işinin əsas elmi nəticələri mütəmadi olaraq Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin “Nəzəri və inşaat mexanikası”, “Materiallar müqaviməti”, “İnşaat konstruksiyaları”, “Ali riyaziyyat” kafedralarının (2013-2017), Bakı Dövlət Universitetinin “Nəzəri və bütöv mühit mexanikası” kafedrasının (2016), Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının (AMEA) Riyaziyyat və Mexanika İnstitutunun “Elastiklik nəzəriyyəsi”, “Dalğa dinamikası” şöbələrinin (2016), Azərbaycan Texniki Universitetinin “Riyaziyyat” kafedrasının (2013-2016) seminarlarında, AMEA-nın 70 illiyinə həsr olunmuş doktorantların və gənc tədqiqatçıların XIX Respublika elmi konfransında (2015), “Müasir inşaatda ekologiya və enerji effektivliyi problemləri” mövzusunda Beynəlxalq Elmi-Praktik Konfransda (2016) müzakirə edilmiş və bəyənilmişdir.

Alınmış nəticələrin doğruluğu. Məsələnin korrekt qoyuluşuna, alınmış tənliliklərin və tənliliklər sisteminin həll sxeminin dəqiqliyinin yoxlanılmasına əsaslanır. Alınmış ifadələr özlərində məlum fiziki və riyazi qanunauyğunluqları birləşdirir.

İşin həcmi və strukturu. Dissertasiya işi giriş, üç fəsil, əsas nəticələr və 120 adda istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. İşin ümumi həcmi 137 səhifədir, o cümlədən, 36 şəkil verilmişdir.

İŞİN ÜMUMİ MƏZMUNU

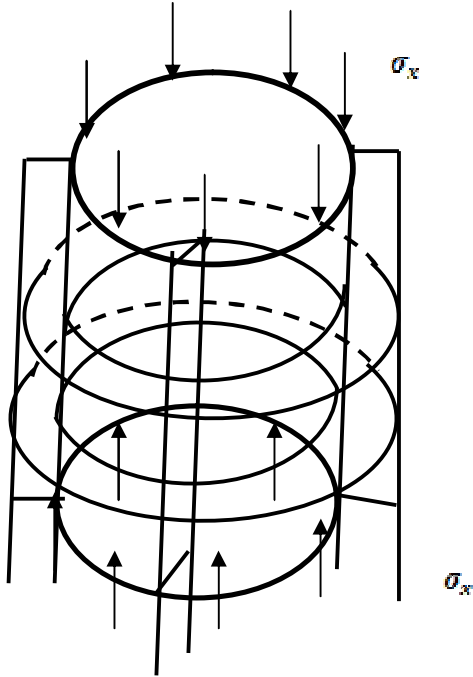
Girişdə dissertasiya mövzusunun aktuallığı əsaslandırılır, işin məqsədi, elmi yenilikləri, praktiki əhəmiyyəti, alınmış nəticələrin etibarlılığı, müdafiəyə çıxarılan məsələlər, işin aprobasiyası, strukturu və həcmi haqqında məlumatlar verilir.

Dissertasiyanın **birinci fəsl**i iki yarımfəsildən ibarət olub, dissertasiya işinin mövzusunə yaxın işlərin qısa xülasəsini əks etdirir. Birinci yarımfəsildə qabırğalarla möhkəmləndirilmiş mühitlə təmasda olmayan örtüklərin dayanıqlıqları ilə bağlı işlərin qısa xülasəsi verilmişdir. Qabırğalarla möhkəmləndirilmiş mühitlə təmasda olan örtüklərin dayanıqlıqları ilə bağlı işlərin qısa xülasəsi öz əksini ikinci yarımfəsildə tapmışdır.

Bu istiqamətdə gedən proseslərin öyrənilməsində bir çox alimlərin o cümlədən, N.P.Abovskinin, İ.Y.Amironun, M.B.Axundovun, J.A.Ağalarovun, R.M.Berqmanın, A.N.Əlizadənin, R.Y.Əmənzadənin, M.F.Mehdiyevin, İ.T.Pirməmmədovun, Z.S.Musayevin, F.S.Lətifovun, A.İ.Luryenin, S.R.Timoşenkonun, V.Z.Vlasovun, Y.N.Rabotnovun və s. xidmətlərini qeyd etmək olar.

İkinci fəsil xarici statik yükün təsirinə məruz qalan, qabırğalarla möhkəmləndirilmiş, ortotrop silindrik formalı hidrotexniki qurğu elementlərinin dayanıqlığının itirilməsinə uyğun böhran qüvvəsinin tapılmasına və konstruksiyanın optimal variantının seçilməsinə həsr olunmuşdur. Qabırğaların silindrik qabığın səthində yerləşməsinin üç halına baxılmışdır: 1) qabırğalar silindrik qabığın səthində onun doğurarı boyu yerləşdirilmişdir; 2) silindrik qabıq halqavari qabırğaların köməyi ilə möhkəmləndirilmişdir; 3) qabırğalar silindrik qabığın səthində ortoqonal şəbəkə əmələ gətirir. Silindrik qabığın materialı ortotrop qəbul edilmişdir. Kontakt şərtlərinin köməyi ilə silindrik formalı hidrotexniki qurğu

elementlərinin dayanıqlığının itirilməsinə uyğun böhran qüvvəsini tapmaq üçün tənlik qurulmuş, kökləri tapılmış, böhran qüvvəsinə sistemi xarakterizə edən mexaniki və həndəsi parametrlərin təsiri öyrənilmişdir. Optimallaşdırma və ya nisbi effektivlik əmsalı parametri daxil edilərək, qabırğalar sayının optimal variantı tapılmışdır (Şəkil 1).



Şəkil 1. Şəbəkə əmələ gətirən qabırğalarla möhkəmləndirilmiş, sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan, maye ilə təmasda olan silindrik formalı dəniz qurğu elementi.

Fəsil beş yarım fəsildən ibarətdir. Birinci yarım fəsildə xarici statik qüvvənin təsirinə məruz qalan, qabırğalarla möhkəmləndirilmiş silindrik formalı hidrotexniki qurğu elementlərinin dayanıqlığının itirilməsinə uyğun böhran qüvvəsini tapmaq haqqında məsələnin qoyuluşu verilmişdir.

Qabırğalar sistemi ilə möhkəmləndirilmiş, maye ilə təmasda olan ortotrop silindrik qabığın dayanıqlığını tədqiq etmək üçün aşağıdakı tarazlıq tənliyindən istifadə edilmişdir:

$$\begin{aligned}
& \left[(b_{11} + \gamma_c^{(1)}) \frac{\partial^2}{\partial \xi^2} + b_{66} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \right] u + (b_{12} + b_{66}) \frac{\partial^2 g}{\partial \xi \partial \theta} - \left[(b_{11} + b_{12}) \frac{\partial}{\partial \xi} + \delta_c^{(1)} \frac{\partial^3}{\partial \xi^3} \right] w = 0 \\
& (b_{12} + b_{66}) \frac{\partial^2 u}{\partial \xi \partial \theta} + \left\{ b_{66} \frac{\partial^2}{\partial \xi^2} + (G_{12} + b_{22} + \gamma_s^{(2)}) \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \right\} g - (b_{12} + b_{22} + \gamma_s^{(2)}) \frac{\partial w}{\partial \theta} = 0 \\
& - \left[(b_{11} + b_{12}) \frac{\partial}{\partial \xi} + \delta_c^{(1)} \frac{\partial^3}{\partial \xi^3} \right] u - (b_{12} + b_{22} + \gamma_s^{(2)}) \frac{\partial g}{\partial \theta} + \\
& + \left\{ b_{11} + 2b_{12} + b_{22} + \gamma_s^{(2)} + \eta_{s1}^{(2)} + (\delta_s^{(2)} + \eta_{s1}^{(2)}) \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} + \sigma_x h \frac{\partial^2}{\partial \xi^2} \right. \\
& \left. + a^2 \left[(b_{11} + \eta_c^{(1)}) \frac{\partial^4}{\partial \xi^4} + 2(b_{11} + b_{12}) \frac{\partial^4}{\partial \xi^2 \partial \theta^2} + (b_{12} + \eta_{s1}^{(2)} + \eta_{s2}^{(2)}) \frac{\partial^4}{\partial \theta^4} \right] \right\} w = \frac{R^2}{2h} q_z
\end{aligned} \tag{1}$$

Burada $b_{11}, b_{22}, b_{12}, b_{66}$ – uyğun ortotrop materialın koordinat oxları istiqamətindəki əsas elastikiyyət modullarıdır, Yunq modulları \tilde{E}_1, \tilde{E}_2 və Puasson əmsalları ν_1, ν_2 ilə aşağıdakı kimi ifadə olunurlar:

$$b_{11} = \frac{\tilde{E}_1}{1 - \nu_1 \nu_2}; \quad b_{22} = \frac{\tilde{E}_2}{1 - \nu_1 \nu_2}; \quad b_{12} = \frac{\nu_2 \tilde{E}_1}{1 - \nu_1 \nu_2} = \frac{\nu_1 \tilde{E}_2}{1 - \nu_1 \nu_2}; \quad b_{66} = G_{12} = G$$

Elastiki sabitləri oriyentasiya bucağından asılı olan, sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan, maye ilə kontaktda olan ortotrop silindrik qabığın dayanıqlığının tədqiqi aşağıdakı tənliklər sisteminin inteqrallaşdırılmasına gətirilir:

$$\begin{aligned}
& \left[(B_{11} + \gamma_c^{(1)}) \frac{\partial^2}{\partial \xi^2} + B_{66} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \right] u + (B_{12} + B_{66}) \frac{\partial^2 g}{\partial \xi \partial \theta} - \left[(B_{11} + B_{12}) \frac{\partial}{\partial \xi} + \delta_c^{(1)} \frac{\partial^3}{\partial \xi^3} \right] w = 0 \\
& (B_{12} + B_{66}) \frac{\partial^2 u}{\partial \xi \partial \theta} + \left\{ B_{66} \frac{\partial^2}{\partial \xi^2} + (G_{12} + B_{22} + \gamma_s^{(2)}) \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \right\} g - (B_{12} + B_{22} + \gamma_s^{(2)}) \frac{\partial w}{\partial \theta} = 0 \\
& - \left[(B_{11} + B_{12}) \frac{\partial}{\partial \xi} + \delta_c^{(1)} \frac{\partial^3}{\partial \xi^3} \right] u - (B_{12} + B_{22} + \gamma_s^{(2)}) \frac{\partial g}{\partial \theta} +
\end{aligned} \tag{2}$$

$$+ \left\{ B_{11} + 2B_{12} + B_{22} + \gamma_s^{(2)} + \eta_{s1}^{(2)} + (\delta_s^{(2)} + \eta_{s1}^{(2)}) \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} + \sigma_x h \frac{\partial^2}{\partial \xi^2} + \right. \\ \left. + a^2 \left[(B_{11} + \eta_c^{(1)}) \frac{\partial^4}{\partial \xi^4} + 2(B_{11} + B_{12}) \frac{\partial^4}{\partial \xi^2 \partial \theta^2} + (B_{12} + \eta_{s1}^{(2)} + \eta_{s2}^{(2)}) \frac{\partial^4}{\partial \theta^4} \right] \right\} w = \frac{R^2}{2h} q_z$$

Burada

$$B_{11} = b_{11} \cos^4 \varphi + b_{22} \sin^4 \varphi + (b_{66} + 0,5b_{12}) \sin^2 2\varphi;$$

$$B_{22} = b_{11} \sin^4 \varphi + b_{22} \cos^4 \varphi + (b_{66} + 0,5b_{12}) \sin^2 2\varphi;$$

$$B_{12} = (b_{11} + b_{22} - 4b_{66}) \sin^2 \varphi \cos^2 \varphi + b_{12} (\sin^4 \varphi + \cos^4 \varphi);$$

$$B_{66} = -(b_{11} + b_{22} - 2b_{12}) \sin^2 \varphi \cos^2 \varphi + b_{66} \cos^2 2\varphi$$

$$B_{26} = 1/2 (b_{22} \cos^2 \varphi - b_{11} \sin^2 \varphi) \sin 2\varphi - 1/4 (b_{12} + 2b_{66}) \sin 4\varphi$$

$$B_{16} = 1/2 (b_{22} \sin^2 \varphi - b_{11} \cos^2 \varphi) \sin 2\varphi - 1/4 (b_{12} + 2b_{66}) \sin 4\varphi;$$

(1) və (2) sistemlərinə sərhəd şərtləri də əlavə olunur:

(2) qabığın və uclarında

$$v=0, w=0, N_{11}=0, M_{11}=0 \quad (3)$$

şərtləri ödənilir.

İkinci yarımfəsildə xarici qüvvənin təsirinə məruz qalan, doğurarı boyu qabırğalarla möhkəmləndirilmiş, maye ilə təmasda olan möhkəmləndirilmiş silindrik formalı hidrotexniki qurğu elementlərinin dayanıqlığının itirilməsinə uyğun böhran qüvvəsinin tapılması məsələsi həll olunmuşdur.

(1) və (2) sistemlərinin (3) sərhəd şərtlərini ödəyən həllini aşağıdakı şəkildə axtaracağıq:

$$u = u_0 \cos n\theta \cos mR\xi; \quad \vartheta = \vartheta_0 \sin n\theta \sin mR\xi \\ w = w_0 \cos n\theta \sin mR\xi \quad (4)$$

(4) həllərini (1) sistemində yerinə yazsaq, nəticədə u_0, ϑ_0, w_0 sabitlərini təyin etmək üçün xətti tənliklər sistemi alırıq. Alınan sistem bircins

olduğundan onun sıfırdan fərqli həllinin varlığı üçün zəruri və kafi şərt baş determinantının sıfıra bərabər olmasıdır:

$$\det \|a_{ij}\| = 0, \quad (i, j = 1, 2, 3) \quad (5)$$

(5) tənliyindən

$$q_z^{(0)} = \frac{2h}{R^2} (a_{11}a_{22} - a_{21}a_{12})^{-1} [a_{11}a_{22}\tilde{a}_{33} - (a_{11}a_{22} - a_{21}a_{12})\sigma_x h m^2 R^2 + a_{21}a_{32}a_{13} + a_{12}a_{23}a_{31} - a_{31}a_{22}a_{13} - a_{21}a_{12}\tilde{a}_{33} - a_{32}a_{23}a_{11}] \quad (6)$$

Eyni qayda ilə (2) sistemindən

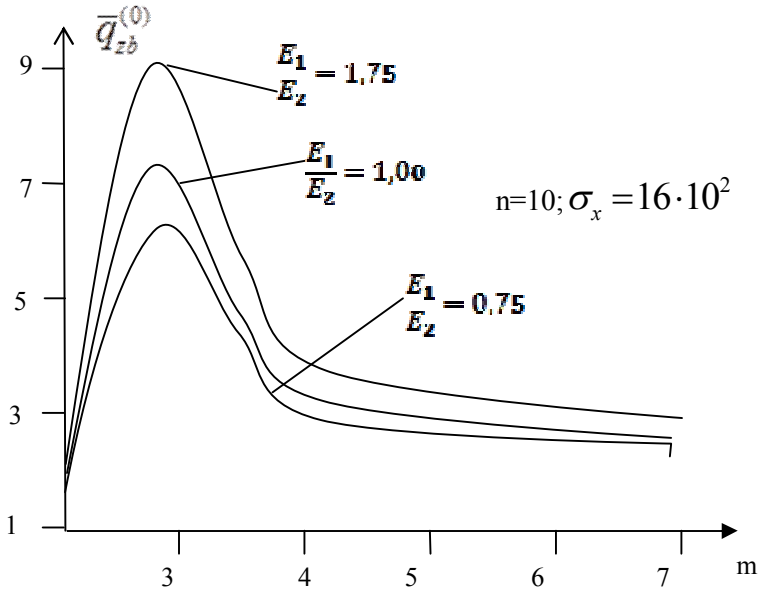
$$q_z^{(0)} = \frac{2h}{R^2} (\tilde{a}_{11}\tilde{a}_{22} - \tilde{a}_{21}\tilde{a}_{12})^{-1} [\tilde{a}_{11}\tilde{a}_{22}\tilde{\tilde{a}}_{33} - (\tilde{a}_{11}\tilde{a}_{22} - \tilde{a}_{21}\tilde{a}_{12})\sigma_x h m^2 R^2 + \tilde{a}_{21}\tilde{\tilde{a}}_{32}\tilde{\tilde{a}}_{13} + \tilde{a}_{12}\tilde{\tilde{a}}_{23}\tilde{\tilde{a}}_{31} - \tilde{\tilde{a}}_{31}\tilde{\tilde{a}}_{22}\tilde{\tilde{a}}_{13} - \tilde{a}_{21}\tilde{\tilde{a}}_{12}\tilde{\tilde{a}}_{33} - \tilde{\tilde{a}}_{32}\tilde{\tilde{a}}_{23}\tilde{\tilde{a}}_{11}] \quad (7)$$

$q_{zb}^{(0)}$ böhran qüvvəsinin qiyməti ədədi üsulla hesablanmışdır. Parametrlər üçün aşağıdakı qiymətlər götürülmüşdür:

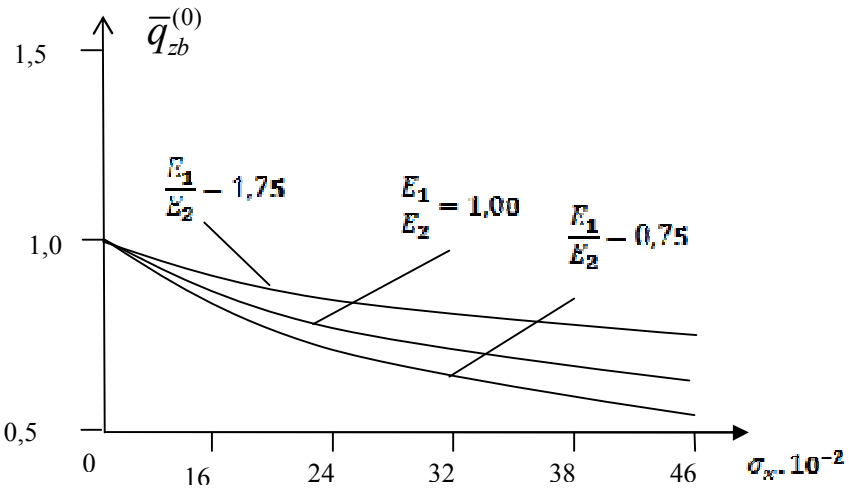
$$v_{12} = v_{21} = 0,3; n = 4; \frac{h}{R} = 0,05; L_1 = 5 m; \frac{J_{yc}}{2\pi R^3 h E} = 0,8289 \cdot 10^{-6};$$

$$\mathbf{h}_c = \mathbf{0,1375} \cdot 10^{-1} \mathbf{R}; \frac{F_c}{2\pi R h} = 0,1591 \cdot 10^{-1}.$$

Hesablamaların nəticələri şəkil 2-də və şəkil 3-də verilmişdir. Şəkil 2-də böhran qüvvəsi $\bar{q}_{zb}^{(0)} = \min(\bar{q}_{z \min}^{(0)} / q_{zb}^{(0)})$ -un dalğa ədədi \mathbf{III} dən asılılığı verilmişdir. Göründüyü kimi dalğa ədədi \mathbf{III} in qiyməti artdıqca, dayanıqlığın böhran qüvvəsinin qiyməti əvvəlcə kəskin artır, \mathbf{III} - in sonrakı artımında isə azalaraq möhkəmləndirilməmiş qabığın böhran qüvvəsinin qiyməti $q_{zb}^{(0)}$ -a yaxınlaşır.



Şəkil 2. Böhran qüvvəsinin dalğa ədədindən asılılığı



Şəkil 3. $\bar{q}_{zb}^{(0)}$ qüvvəsinin sıxıcı gərginlikdən asılılığı

Hesablamaların nəticəsi göstərir ki, silindrik qabığın ortotropluq xassəsi doğurarı istiqamətində artdıqca, böhran qüvvəsinin qiyməti artır. Şəkil 3-də $\bar{q}_{z\min}^{(0)}$ -un sıxıcı gərginlikdən asılılığı verilmişdir. Göründüyü kimi sıxıcı gərginliyin qiyməti artdıqca, $\bar{q}_{z\min}^{(0)}$ qüvvəsinin qiyməti azalır. Silindrin doğurarı istiqamətindəki elastikiyyət modulunun qiyməti artdıqca böhran qüvvəsinin qiyməti artır.

Üçüncü yarımfəsildə ikinci yarımfəsildə baxılan məsələ xarici qüvvənin təsirinə məruz qalan, halqavari qabırğaların köməyi ilə möhkəmləndirilmiş ortotrop silindrik qabığın özlü-elastiki mühitlə birgə parametrik rəqsləri üçün, dördüncü yarımfəsildə isə xarici qüvvənin təsirinə məruz qalan, ortoqonal şəbəkə əmələ gətirən qabırğalar sistemi ilə möhkəmləndirilmiş və mühitlə təmasda olan silindrik qabığın rəqsləri üçün həll edilmişdir. Hər iki halda sistemin tezlik tənliyi qurulmuş və bu tənliklərdən rəqs tezlikləri üçün analitik ifadələr alınmışdır.

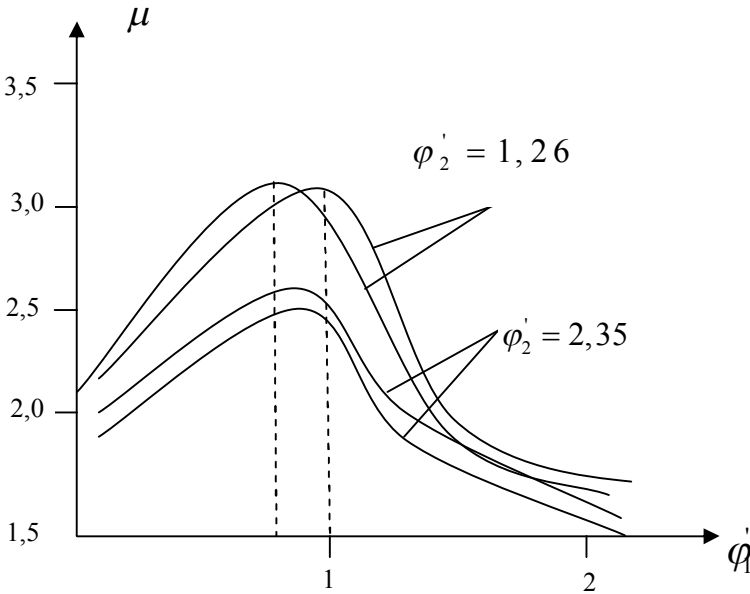
Beşinci yarımfəsildə silindrik qabığın həndəsi ölçülərinin və qabırğaların sayının optimal variantını tapmaq üçün optimallaşdırma parametri daxil edilmiş və qabırğaların sayından asılı olaraq onun dəyişməsi öyrənilmişdir.

Örtüyün çəkisinin minimumunu təmin edən onun qalınlığını, çubuqların sayını və xarakteristikalarını təyin etmək üçün optimallaşdırma meyarı olaraq qabırğalarla möhkəmləndirilmiş maye ilə təmasda olan və oxu boyu sıxılan anizotrop silindrik qabığın böhran gərginliyinin uyğun eyni çəkili hamar mühitlə təmasda olan və oxu boyu sıxılan anizotrop silindrik qabığın böhran gərginliyinə olan nisbəti götürülür: $\mu = p_b / p_{b0}$

Möhkəmləndirmə parametri olaraq biri digərindən asılı olmadan dəyişənlər seçilmişdir: $\varphi_1 = \bar{\gamma}_c^{(1)} + \bar{\gamma}_h^{(2)}$ – bütün qabırğaların çəkisinin silindrik qabığın çəkisinə olan nisbəti; $\varphi_2 = \bar{\gamma}_c^{(1)} / \bar{\gamma}_h^{(2)}$ – boyuna qabırğaların çəkisinin eninə qabırğaların çəkisinə olan nisbəti; $a_1 = 2\pi R / k_2 h$ – boyuna qabırğalar arasındakı məsafənin silindrik qabığın qalınlığına olan nisbəti; $a_2 = L_1 / (h(k_1 + 1))$ – eninə qabırğalar arasındakı məsafənin silindrik qabığın qalınlığına olan nisbəti; $\psi_1 = h_c / b_c$ və $\psi_2 = h_h / b_h$ – uyğun olaraq, boyuna qabırğaların və eninə qabırğaların hündürlüklərinin onların qalınlıqlarına olan nisbəti.

Şəkil 4-də nisbi effektivlik əmsalı μ -nün boyuna qabırğaların çəkisinin eninə qabırğaların çəkisinə olan nisbəti φ_2' -in müxtəlif qiymətləri üçün çubuqların nisbi çəkisi φ_1' -dən asılılığı göstərilmişdir. Qabırğaların ən kəsiyi düzbucaqlı formasında götürülmüşdür. Qəbul edilmişdir ki, qabırğaların nisbi hündürlüyü, onlar arasındakı məsafə, mühitin Puasson əmsalı və nisbi elastiklik modulu verilmişdir:

$$\psi_1 = \psi_2 = 10, a_1 = 100, a_2 = 200, \mu_s / E = 0,1, \nu_s = 0,35, \nu = 0,3.$$



Şəkil 4. Nisbi effektivlik əmsalı μ -nün çubuqların nisbi çəkisi φ_1' -dən asılılığı.

Şəkil 4-dən görüldüyü kimi φ_1' artdıqda nisbi effektivlik əmsalı μ artaraq maksimum qiymət alaraq yenidən azalır və bu parametrin maksimumuna uyğun gələn φ_1' vahiddən çox az fərqlənir. Bu isə onu göstərir ki, qabırğaların çəkisi təqribən silindrik qabığın çəkisinə bərabər olduqda

qabığının möhkəmləndirilməsi əlverişlidir. Hesablamalara əsasən bu nəticə kifayət qədər sıx şəbəkə əmələ gətirən qabırğalarla möhkəmləndirmə üçün doğrudur. φ_1 -in kiçik qiymətlərində μ əmsalı vahiddən kiçik minimum qiymət alır ki, bu da silindrik qabığının olduqca zəif qabırğalarla möhkəmləndirilməsinin səmərəli olmadığını göstərir.

Şəkil 4-də 1 əyrisinə mühitin təsiri nəzərə alınmadığı, 2 əyrisinə isə mayenin təsiri nəzərə alındığı hallar uyğundur. Şəkildən görüldüyü kimi mayenin təsiri nəzərə alındıqda μ parametri maksimum qiymətini daha tez alır və φ_1 -in qiyməti mühit olmadığı hala uyğun qiymətindən az olur.

μ parametrinin φ_2 -dən asılılığı göstərir ki, μ parametri maksimum qiymətini $\varphi_2 > 1$ olduqda alır və baxdığımız misalda $\varphi_2 = 1,26$ -ya bərabərdir. Bu isə onu göstərir ki, silindrik qabıq oxu boyu sıxıldıqda boyuna qabırğaların çəkisi eninə qabırğaların çəkisindən çox olmalıdır.

Üçüncü fəsildə sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan, qabırğalarla möhkəmləndirilmiş, maye ilə dinamik təmasda olan silindrik qabığının dayanıqlığı haqqında məsələyə baxılmışdır. Qabırğaların silindrik qabığının səthində yerləşməsinin yuxarıda qeyd olunan 1)-3) halları nəzərdən keçirilmişdir.

Mayenin silindrik qabığa təsiri mayenin hərəkət tənliyinin həllindən tapılmaqla nəzərə alınmışdır. Hamilton-Ostroqradski variasiya prinsipindən istifadə etməklə silindrik qabığının yerdəyişmələrdə hərəkət tənlikləri sistemi qurulmuşdur. Bu sistemin köməyi ilə sistemin dayanıqlığına uyğun böhran qüvvəsi tapılmışdır. Optimalaşdırma parametri daxil edilərək, qabırğalar sayının optimal variantı tapılmışdır.

Fəsil beş yarım fəsildən ibarətdir. Birinci yarım fəsildə mayenin təsirinə məruz qalan, qabırğalarla möhkəmləndirilmiş ortotrop silindrik qabığının dinamik dayanıqlığı haqqında məsələnin qoyuluşu verilmişdir.

Silindrik formalı hidrotexniki konstruksiya elementlərinin dinamik dayanıqlığını tədqiq etmək üçün aşağıdakı hərəkət tənliyindən istifadə edilmişdir:

$$\left[(b_{11} + \gamma_c^{(1)}) \frac{\partial^2}{\partial \xi^2} + b_{66} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \right] u + (b_{12} + b_{66}) \frac{\partial^2 g}{\partial \xi \partial \theta} - \left[(b_{11} + b_{12}) \frac{\partial}{\partial \xi} + \delta_c^{(1)} \frac{\partial^3}{\partial \xi^3} \right] w - \rho_1 \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0$$

$$\begin{aligned}
& (b_{12} + b_{66}) \frac{\partial^2 u}{\partial \xi \partial \theta} + \left\{ b_{66} \frac{\partial^2}{\partial \xi^2} + (G_{12} + b_{22} + \gamma_s^{(2)}) \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \right\} \vartheta - (b_{12} + b_{22} + \gamma_s^{(2)}) \frac{\partial w}{\partial \theta} = \rho_1 \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial t_1^2} \\
& - \left[(b_{11} + b_{12}) \frac{\partial}{\partial \xi} + \delta_c^{(1)} \frac{\partial^3}{\partial \xi^3} \right] u - (b_{12} + b_{22} + \gamma_s^{(2)}) \frac{\partial \vartheta}{\partial \theta} + \\
& + \left\{ b_{11} + 2b_{12} + b_{22} + \gamma_s^{(2)} + \eta_{s1}^{(2)} + (\delta_s^{(2)} + \eta_{s1}^{(2)}) \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} + \sigma_x h \frac{\partial^2}{\partial \xi^2} + \right. \\
& \left. + a^2 \left[(b_{11} + \eta_t^{(1)}) \frac{\partial^4}{\partial \xi^4} + 2(b_{11} + b_{12}) \frac{\partial^4}{\partial \xi^2 \partial \theta^2} + (b_{12} + \eta_{k1}^{(2)} + \eta_{k2}^{(2)}) \frac{\partial^4}{\partial \theta^4} \right] \right\} w + \rho_1 \frac{\partial^2 w}{\partial t_1^2} = \frac{R^2}{2h} q_z
\end{aligned} \tag{8}$$

Məsələnin həlli (8) sisteminin (2) sərhəd şərtləri daxilində inteqrallanmasına gətirilir. Maye tərəfindən hidrotexniki qurğuya təsir edən qüvvə

$$\Delta \tilde{\varphi} - \frac{1}{a_0^2} \frac{\partial^2 \tilde{\varphi}}{\partial t^2} = 0 \text{ tənliyindən tapılır.}$$

$$g_r \Big|_{r=R} = \frac{\partial \tilde{\varphi}}{\partial r} \Big|_{r=R} = -\omega_0 \frac{\partial w}{\partial t_1}; \quad q_z = -p \Big|_{r=R}$$

$$p = \omega_0^2 \Phi_{an} \rho_m \frac{\partial^2 w}{\partial t_1^2} \tag{9}$$

Burada

$$\Phi_{an} = \begin{cases} I_n(\beta r) / I_n'(\beta r), & M_1 < 1 \\ J_n(\beta_1 r) / J_n'(\beta_1 r), & M_1 > 1 \\ \frac{R^n}{nr^{n-1}}, & M_1 = 1 \end{cases} \tag{10}$$

$$(10) \quad \text{bərabərliklərində} \quad M_1 = \frac{\omega / m}{a_0},$$

$$\beta^2 = R^{-2} (1 - M_1^2) \chi^2, \quad \beta_1^2 = R^{-2} (M_1^2 - 1) \chi^2,$$

$$t_1 = \omega_0 t, \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{b_{11}}{\rho_0 R^2}}, \quad \omega_1 = \sqrt{\frac{\rho_0 R^2 \omega^2}{b_{11}}} = \frac{\omega}{\omega_0}, \quad \xi = \frac{x}{L}, \quad t_1 = \omega_0 t.$$

$I_n - n$ -ci tərtib modifikasiya olunmuş birinci növ, $J_n - n$ -ci tərtib birinci növ Bessel funksiyalarıdır.

İkinci yarımfəsildə mayenin təsirinə məruz qalan doğuranı boyu qabırğalarla möhkəmləndirilmiş ortotrop silindrik qabığın dinamik dayanıqlığı haqqında məsələ həll edilmişdir. Böhran qüvvəsini tapmaq üçün tənlik qurulmuş, sistemi xarakterizə edən mexaniki, həndəsi parametrlərdən asılı olaraq tədqiq olunmuş və böhran qüvvəsini hesablamaq üçün düstur alınmışdır.

Üçüncü yarımfəsildə mayenin təsirinə məruz qalan halqavari qabırğaların köməyi möhkəmləndirilmiş ortotrop silindrik qabığın dinamik dayanıqlığı, dördüncü yarımfəsildə mayenin təsirinə məruz qalan ortoqonal şəbəkə əmələ gətirən qabırğaların köməyi möhkəmləndirilmiş ortotrop silindrik qabığın dinamik dayanıqlığı haqqında məsələlər öz həllini tapmışdır. Hər iki halda böhran qüvvəsini tapmaq üçün tənlik qurulmuş, sistemi xarakterizə edən mexaniki, həndəsi parametrlərdən asılı olaraq tədqiq olunmuş və böhran qüvvəsini hesablamaq üçün analitik ifadələr alınmışdır.

Beşinci yarımfəsildə silindrik qabığın həndəsi ölçülərinin və qabırğaların sayının optimal variantını tapmaq üçün optimallaşdırma parametri daxil edilmiş və qabırğaların sayından asılı olaraq onun dəyişməsi öyrənilmişdir.

Ə S A S N Ə T İ C Ə L Ə R

- Ortotrop materialdan ibarət mayenin təsirinə məruz qalan silindrik formalı hidrotexniki qurğu elementlərinin statik və dinamik dayanıqlığının itirilməsinə uyğun böhran qüvvəsini və rezonans tezliklərini hesablamaq üçün analitik ifadə alınmışdır;

IV

- statik dayanıqlıq halında sıxıcı qüvvənin qiyməti sıfırdan 4600 m^2 -na qədər artdıqca böhran gərginliklərinin qiyməti təqribən yarıya qədər azalır;

R

- $\frac{R}{L}$ (R -qabığının radiusu, L -uzunluğudur) nisbətinin 0,03 və 0,05 qiymətlərində böhran qüvvəsinin qiyməti dolanma bucağından zəif aslı olur, olduqda böhran qüvvəsinin qiymətinin dolanma bucağından asılılığı mürəkkəb xarakter daşıyır;
- $\frac{h}{R}$ (h – qabığının qalınlığıdır) nisbətinin 0,002 və 0,004 qiymətlərində böhran qüvvəsinin qiyməti dolanma bucağından zəif aslı olur, olduqda böhran qüvvəsinin qiymətinin dolanma bucağından asılılığı özünü kəskin büruzə verir;
- qabırğaların çəkisi təqribən silindrik qabığının çəkisinə bərabər olduqda qabığının möhkəmləndirilməsi əlverişlidir və bu optimallaşma parametrinin 19.2-yə bərabər qiymətinə uyğundur;
- optimallaşma parametrinin böyük qiymətlərini almaq üçün boyuna qabırğaların sayını dairəvi qabırğaların sayı ilə müqayisədə artıq götürmək lazımdır;
- silindrik qabıq oxu boyu sıxıldıqda boyuna qabırğaların çəkisi eninə qabırğaların çəkisindən çox olmalıdır və optimal variant üçün bu nisbət 1.23-ə bərabərdir;
- mayenin təsiri nəzərə alındıqda optimallaşma parametri maksimum qiymətini daha tez alır;
- silindrik qabığının ortotropluq xassəsi artdıqca böhran gərginliklərinin və məxsusi rəqş tezliklərinin qiyməti artır.

Dissertasiyanın əsas nəticələri aşağıdakı məqalələrdə çap olunmuşdur:

1. Abasov M.M. Sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan, boyuna qabırğalarla möhkəmləndirilmiş, maye ilə təmasda olan ortotrop silindrik qabığının statik dayanıqlığı // Ekologiya və su təsərrüfatı. 2014, №4, s.53-56.
2. Abasov M.M. Halqavari qabırğalarla möhkəmləndirilmiş, sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan, maye ilə təmasda olan ortotrop silindrik qabığının statik dayanıqlığı // Journal of Qafqaz University. 2014, v.2, №1, s.38-41.
3. Abasov M.M. Sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan, qabırğalarla möhkəmləndirilmiş, silindrik formalı dəniz qurğularının optimal variantının seçilməsi // Ekologiya və su təsərrüfatı. 2017, №5, s.87-92.

4. Abasov M.M. Sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan, boyuna qabırğalarla möhkəmləndirilmiş dəniz qurğularının dinamik dayanıqlığı. “Müasir inşaatda ekologiya və enerji effektivliyi problemləri”, Beynəlxalq Elmi-Praktik Konfransı, Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, 2016, 24-25 noyabr, s.205-208.
5. Abasov M.M. Sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan, şəbəkə əmələ gətirən qabırğalarla möhkəmləndirilmiş, maye ilə təmasda olan ortotrop silindrik qabığın statik dayanıqlığı. AzMİU, Nəzəri və tətbiqi mexanika, 2015, №1, s.75-80.
6. Abasov M.M. Sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan, qabırğalarla möhkəmləndirilmiş, maye ilə təmasda olan ortotrop silindrik qabığın dayanıqlığı. AMEA-nın 70 illiyinə həsr olunmuş doktorantların və gənc tədqiqatçıların XIX Respublika elmi konfransının proqramı, ADİU, 7-8 aprel, 2015, s.52.
7. Musayev Z.S., Abasov M.M. Sıxıcı qüvvənin təsirinə məruz qalan, halqavari qabırğalarla möhkəmləndirilmiş dəniz qurğularının dinamik dayanıqlığı. // Journal of Qafqaz University, Mechanical and industrial engineering, Bakı, 2016, s. Volume 4, Number 1, s.49 -56.
8. Латифов Ф.С., Абасов М.М. Анализ свободных колебаний продольно подкрепленной, анизотропной цилиндрической оболочки с жидкостью при осевом сжатии // Вестник Запорожского Национального Университета, серия физико-математические науки, 2016, № 2, с. 144-155.
9. Latifov F.S., Iskanderov R.A., Abasov M.M. Studying stability of a longitudinally strengthened orthotropic fluidfilled cylindrical shell at axial compression // Вісник Дніпропетровського університету. Серія «Механіка». Вип. 19, т. 2, 2015, с.87-95.

УСТОЙЧИВОСТЬ ПОДКРЕПЛЕННЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ОСЕВОМУ СЖАТИЮ

Представленная диссертационная работа посвящена задачам статической и динамической устойчивости и колебаний подкрепленных гидротехнических сооружений в форме цилиндрической анизотропной оболочки, контактирующей с жидкостью. Рассмотрены три варианта креплений: 1) с регулярно распределенными продольными стержнями; 2) с регулярно распределенными кольцевыми стержнями; 3) с регулярно распределенными продольными и кольцевыми стержнями. Используя вариационный принцип Гамильтона-Остроградского из условий минимизации полной энергии системы получены уравнения для определения критических напряжений. Построены различные кривые зависимости критического напряжения от различных физических и геометрических параметров рассмотренной системы. Во всех рассмотренных случаях найдены значение критических напряжений. Решена задача выбора оптимального варианта рассмотренной конструкции, получены уравнение для определение критических сил потери устойчивости и частоты колебаний исследуемой конструкции.

M.M.Abasov

**SUSTAINABILITY OF FIXED HYDROTECHNICAL
STRUCTURES SUBJECTED TO AXIAL COMPRESSION**

The presented dissertation work is devoted to the problems of static and dynamic stability and oscillations of reinforced hydraulic structures in the form of a cylindrical anisotropic shell in contact with a liquid. Three variants of fastenings are considered: 1) with regularly distributed longitudinal rods; 2) with regularly distributed annular rods; 3) with regularly distributed longitudinal and annular rods. Using the variational principle of Hamilton-Ostrogradskii from the conditions for minimizing the total energy of the system, equations are obtained for determining the critical stresses. Various curves for the dependence of the critical stress on various physical and geometric parameters of the system under consideration are constructed. In all considered cases, the value of critical stresses is found. The problem of choosing the optimal variant of the considered construction is solved, an equation is obtained for determining the critical forces of stability loss and the frequency of oscillations of the structure under study.

МИНИСТЕРСТВО
ОБРАЗОВАНИЯ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

АЗЕРБАЙДЖАНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА

На провах рукописи

МИРКЯЗИМ МИРДЖАББАР ОГЛЫ АБАСОВ

**УСТОЙЧИВОСТЬ ПОДКРЕПЛЕННЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ
СООРУЖЕНИЙ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ОСЕВОМУ СЖАТИЮ**

Специальность: 3305.08 – Гидротехнические сооружения

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискании ученой
степени доктора философии по технике

БАКУ - 2018