

UOT 621.65

MƏMMƏDOV Ə.C., MİRSALAHOVA L.M.,
ABDULLAYEVA K.Q., ŞƏRİFZADƏ KƏRİMOVA S.N.

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti
mammadovahad23@icloud.com, lamiyamirsalakhova@gmail.com,
a.q.kamala@mail.ru, sevinjksharifzadeh@gmail.com

FƏZADA NEFT NƏQLETDİRİCİ BORU KƏMƏRLƏRİNİN DAYANIQLIĞA VƏ MÖHKƏMLİYƏ YOXLANILMA ŞƏRTLƏRİ

Giriş. Neft nəql etdirən boru kəmərləri fəza şəraitində daha çox küləyin, öz ağırlığının, müəyyən hallarda isə qarın təsir yükünə məruz qalır. Ona görə də fəza boru kəmərlərinin möhkəmliyə və dayanıqlığa yoxlanılması, onların xüsusilə istismarı dövrü etibarlı işinin təmin olunması baxımından olduqca vacibdir.

Fəza halında neft boru kəmərlərinin möhkəmliyə yoxlanılmasında aşağıdakı şərtin ödənilməsi:

$$|\sigma_{uz.}| \leq \psi_4 R_2, \quad (1)$$

Harada ki, $\sigma_{uz.}$ – neft boru kəmərlərində hesabi yüklərin təsirindən uzununa istiqamət üzrə yarana biləcək gərginliyin maksimum qiyməti olub, aşağıdakı ifadə ilə hesablanı bilər [1]:

$$\sigma_{uz.} = \mu \sigma_d^n - \alpha E \Delta t \pm \frac{ED_x}{2r}, \quad (2)$$

μ , α – əmsallar; E – elastiklik modulu; Δt – temperatur dəyişməsidir:

$$\mu = 0,5; \quad \alpha = 12 \cdot 10^{-6} K;$$

$$E = 2,1 \cdot 10^{11} Pa; \quad \Delta t = 34,4 K;$$

σ_d^n - işçi, yaxud normativ təzyiqin [3] təsiri nəticəsində yaranan həlqəvari gərginlikdir və aşağıdakı düsturla kimi hesablanır:

$$\begin{aligned} \sigma_d^n &= \frac{\rho \cdot D_d}{2\delta_n} = \frac{2,7 \cdot 10^6 \cdot 365 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 6 \cdot 10^{-3}} = \\ &= 82,125 \cdot 10^6 Pa = 82,125 MPa; \end{aligned}$$

$$\sigma_d^n = 82,125 MPa.$$

r – neft boru kəmərinə elastik əyilən oxun minimum radiusudur və baxılan kəmərdə $r = 10^3 \cdot D_x = 10^3 \cdot 377 \cdot 10^{-3} m = 377 m$ götürülmüşdür.

Həmin qiymətlər (2) düsturunda yerinə yazıldıqda, alırıq:

$$\begin{aligned} \sigma_{uz.} &= 0,5 \cdot 82,125 \cdot 10^6 - 12 \cdot 10^{-6} \cdot \\ &\cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 34,4 \pm \frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 377 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 377} = (41,06 - \\ &- 86,69) \cdot 10^6 \pm 105 \cdot 10^6 = (-45,63 \pm 105) \cdot 10^6; \end{aligned}$$

$$\sigma_{uz.1} = (-45,63 + 105) \cdot 10^6 =$$

$$= 59,37 \cdot 10^6 Pa = 59,37 MPa;$$

$$\sigma_{uz.2} = (-45,63 - 105) \cdot 10^6 =$$

$$= -150,63 \cdot 10^6 Pa = -150,63 MPa;$$

$$\sigma_{uz.1} = 59,37 MPa > \sigma_{uz.2} = -150,63 MPa$$

olduğu üçün, $\sigma_{uz.} = \sigma_{uz.1} = 59,37 MPa$ götürülür:

$$|\sigma_{uz.}| = 59,37 MPa;$$

Ψ_4 – metal boru kəmərinin ikioxlu gərginliyə malik vəziyyətini nəzərə ala bilən əmsal olub, $\sigma_{uz.} > 0$ olduğu halda $\Psi_4 = 1,0$ qəbul edilir; R_2 – qrunut mühitinin hesabi müqavimətdir və aşağıdakı ifadə ilə tapılır [2]:

$$R_2 = R_2^n \cdot \frac{m}{k_2 \cdot k_n}, \quad (3)$$

R_2^n - boru kəmərinə normativ müqavimətdir, onun materialının hazırlanmış olduğu "CT2" markaya malik poladın axıcılıq həddi ilə eyni götürülür və qiymətini dövlət standartlarına görə hazırlanan cədvəldən qəbul edilir [4]:

$$R_2^n = \sigma_{ax} = 210 \text{ MPa},$$

k_2 – borunun materialına görə etibarlılıq əmsalıdır və $R_2^n / R_1^n \leq 0,8$ olduqda $k_2=1,15$ qəbul edilir, $R_2^n / R_1^n > 0,8$ olarsa $k_2=1,20$ götürülür:

$$\frac{R_2^n}{R_1^n} = \frac{210}{340} = 0,62 < 0,8$$

olduğu üçün k_2 əmsalı qiymətini $k_2=1,15$ qiymətini alır, $m=0,75$; $k_n=1,0$ əmsallarını (3) ifadəsində nəzərə aldıqda, R_2 -nin qiymətini tapmış oluruq:

$$\begin{aligned} R_2 &= 210 \cdot \frac{0,75}{1,15 \cdot 1,0} = \\ &= 136,96 \text{ MPa} < R_1 = 173,47 \text{ MPa}, \\ R_2 &= 136,96 \text{ MPa}. \end{aligned}$$

Tapılan qiymətlərin hamısını (1) düsturunda yerinə yazdıqda, alırıq:

$$\begin{aligned} |\sigma_{uz.}| &= 59,37 \text{ MPa} < \psi_4 R_2 = \\ &= 1,0 \cdot 136,96 = 136,96 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Bu şərt ödənilmədiyi üçün nefti nəql etdirici fəza tipli boru kəmərlərinin möhkəmlik şərti də ödənilir.

Fəzada neft boru kəmərlərinin dayanıqlılığa yoxlanılma prosesində aşağıdakı şərtlərin ödənilməsi vacibdir:

a) hesabi yüklərin və təsirlərin parametrlərindən:

$$|\sigma_{uz.N}| \leq \psi_4 R_2; \quad (4)$$

$$\begin{aligned} |\sigma_{uz.M}| &\leq 0,635 R_2 (1 + \psi_4) \cdot \\ &\cdot \sin \frac{(\sigma_{uz.N} + \psi_4 R_2) \pi}{(1 + \psi_4) R_2}; \quad (5) \end{aligned}$$

b) normativ yüklərin və təsirlərin hesabi müqavimətə görə müqayisəsindən:

$$\sigma_{uz.}^n \leq \psi_3 \cdot \frac{m}{0,9 \cdot k_n} \cdot R_2^n, \quad (6)$$

harada ki, $\sigma_{uz.N}$ – küləyin (başqa mühitin) hesabi yüklərin təsirindən neft boru kəmərlərinin oxu boyunca uzununa istiqamət üzrə yaranan biləcək gərginlikdir (əyilmə posesindəki gərginlikləri nəzərə alınmadan) və tapılan qiymətləri aşağıdakı kimidir:

$$\sigma_{uz.N} = -41,55 \text{ MPa}; \quad |\sigma_{uz.N}| = 41,55 \text{ MPa};$$

$\sigma_{uz.N} < 0$ olduğu halda (4) ifadəsində ψ_4 parametri aşağıdakı düsturla hesablanabilir:

$$\begin{aligned} \psi_4 &= \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left(\frac{\sigma_d}{R_2}\right)^2} - 0,5 \cdot \frac{\sigma_d}{R_2} = \\ &= \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left(\frac{90,3}{136,96}\right)^2} - 0,5 \cdot \frac{90,3}{136,96} = \\ &= \sqrt{1 - 0,326} - 0,5 \cdot 0,66 = 0,82 - 0,33 = 0,49; \end{aligned}$$

Həmin qiymətlər (4) şərtinin ifadəsində yerinə yazıldıqda, alırıq:

$$\begin{aligned} |\sigma_{uz.N}| &= 41,55 \text{ MPa} < \psi_4 R_2 = \\ &= 0,49 \cdot 136,96 = 67,11 \text{ MPa} \end{aligned}$$

olduğu üçün qeyd edilən şərt ödənilmiş olur.

$\sigma_{uz.M}$ - qeyd edilən hesabi yüklərin təsirindən maksimum əyilmənin gərginliyidir və aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\begin{aligned} \sigma_{uz.M} &= \mu \sigma_d \pm \frac{ED_x}{2r} = 0,5 \cdot 90,3 \pm \\ &\pm \frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 377 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 377} = 45,15 \pm 105,0; \end{aligned}$$

$$\sigma_{uz.M} = 45,15 + 105,0 = 150,5 \text{ MPa};$$

$$|\sigma_{uz.M}| = 150,5 \text{ MPa};$$

$$\sigma_{uz.M} = 45,15 - 105,0 = -59,85 \text{ MPa};$$

$$|\sigma_{uz.M}| = 59,85 \text{ MPa};$$

$150,5 \text{ MPa} > 59,85 \text{ MPa}$ ödənilmə şərtinə görə $|\sigma_{uz.M}| = 150,5 \text{ MPa}$ c Baxılan

hal üçün $\sigma_{uz.M} = 150,5 MPa > 0$ olduğundan (5) ifadəsində $\Psi_4=1,0$ götürülür [5]. Belə olduqda (5) şərtindəki sağda tərəfdə yerləşən ifadəsini aşağıdakı şəkildə hesablamaq olar:

$$\begin{aligned} 0,635 \cdot R_2 (1 + \psi_4) \cdot \sin \frac{(\sigma_{uz.N} + \psi_4 R_2) \pi}{(1 + \psi_4) R_2} &= \\ = 0,635 \cdot 136,96 \cdot (1 + 1) \times & \\ \times \sin \frac{(-41,55 + 1,0 \cdot 136,96) \cdot 3,14}{(1 + 1) \cdot 136,96} &= \\ = 173,96 \cdot \sin 1,0937 \text{ rad.} &= \\ = 173,94 \cdot 0,8883 = 134,52 MPa. & \end{aligned}$$

Həmin qiymətləri (5)-də nəzərə aldıqda, $150,5 MPa < 154,52 MPa$ olduğu üçün bu şərt də ödənilmiş olur.

(6) ifadəsində σ_{uz}^n normal gərginliyin qiyməti (2) ifadəsi ilə əldə olunmuş gərginliklə eyni qiyməti alır.

$\sigma_{uz.1}^n = \sigma_{uz.1} = 59,37 MPa > 0$ olduğu üçün $\Psi_3=1,0$ götürülür;

$\sigma_{uz.2}^n = \sigma_{uz.2} = 150,63 MPa < 0$ olduğu üçün məsələnin baxılan bu halında ikioxlu sıxılmanın Ψ_3 əmsalını aşağıdakı düstur ilə hesablamaq olar:

$$\begin{aligned} \psi_3 &= \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left(\frac{\sigma_d^n}{\frac{m}{0,9 \cdot k_n} \cdot R_2^n} \right)^2} - \\ -0,5 \cdot \frac{\sigma_d^n}{\frac{m}{0,9 \cdot k_n} \cdot R_2^n} &= \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left(\frac{82,125}{\frac{0,75}{0,9 \cdot 1,0} \cdot 210} \right)^2} - \\ -0,5 \cdot \frac{82,125}{\frac{0,75}{0,9 \cdot 1,0} \cdot 210} &= \sqrt{1 - 0,75 \cdot 0,22} - \\ -0,5 \cdot 0,47 &= 0,915 - 0,235 = 0,68; \\ \psi_3 &= 0,68; \end{aligned}$$

$$\frac{m}{0,9 \cdot k_n} \cdot R_2^n = \frac{0,75}{0,9 \cdot 1,0} \cdot 210 = 175 MPa.$$

Məsələnin baxılan hər bir halında (6) düsturu ilə əsas şərtin yoxlanılma prosesini aşağıdakı kimi aparmaq olar:

$$\begin{aligned} \sigma_{uz.1}^n &= 59,37 MPa < \psi_3 \cdot \frac{m}{0,9 k_n} \cdot R_2^n = \\ &= 1,0 \cdot 175 = 175 MPa, \\ \sigma_{uz.2}^n &= -150,63 MPa < \psi_3 \cdot \frac{m}{0,9 k_n} \cdot \\ &\cdot R_2^n = 0,68 \cdot 175 = 119 MPa. \end{aligned}$$

Olduğu üçün (6) şərtinin hər iki məsələdə ödənilməsi məlum olur.

Beləliklə, fəzada boru kəmərlərinin əsas məsələləri üçün ifadə edilən (1) şərti ödənilir, bu cür neft nəql etdirici boru kəmərinə materialının möhkəmliyi və (4), (5), (6) şərtləri ödənilməsi üçün belə kəmərin dayanıqlı olması tam təmin edilir.

NƏTİCƏ

Aparılan yoxlamalar göstərir ki, fəzada yerləşən neft boru kəməri üçün möhkəmlik və dayanıqlıq şərtləri (gərginlik və müqavimət üzrə) tam ödənilir. Hesablamalara əsasən kəmərdə yaranan gərginliklər icazə verilən hədləri aşmır və normativ tələblərə uyğundur. Buna görə də boru kəmərinin istismar zamanı etibarlılığı və dayanıqlığı təmin olunur.

ƏDƏBİYYAT

1. Mammadov K.M., Musayev Z.S., Mürsəlov A.Ə., Məmmədova V.V. Neftiğilan, nəql edən, mühəndis qurğuları və avadanlıqları. Bakı: "Təhsil" NPM, 2009, 212s.
2. Abbasov R.F., Məmmədov K.M., Musayev Z.S. Dəniz hidrotexniki qurğuları, neftin, qazın saxlanması və nəqli. Bakı: "ARDNŞ-nin Mərkəzləşdirilmiş Mətbəəsi", 2010, 448 s.
3. Mürsəlov A.Ə. Nasos qurğularının maşinisti. Bakı: "Radius" MMC, 2025, 132 s.
4. Ağayev N.H., Zeynalov L.M. Metal konstruksiyaları. Bakı: "Təhsil" NPM, 2008, 388s.
5. Əliyev İ.Q., Dostizadə M.Ə. Yerüstü və yeraltı boru kəmərlərinin divarına olan bütün statiki təsirlərin hesablanma prosesinin tədqiqi // "Ekologiya və su təsərrüfatı" Elmi-texniki və istehsalat jurnalı, №1, Bakı, 2025, s. 98-103

6. Ибрагимов. А.М. Морские нефтегазо-промысловые гидротехнические сооружения. Москва: «Недра», 1996.
7. Mürsəlov A.Ə., Abbasova L.A., Rəhimov Ə.F., Kərimov V.E. Neft nəql edən yerüstü maili boru kəmərinin dayanıqlığa və gərginlikli-deformasiya vəziyyətinə hesablanma metodikası. //”Ekologiya və su təsərrüfatı” Elmi-texniki istehsalat jurnalı, Bakı, 2022, №2, s.70-73.
8. Амензаде Ю.А. Теория упругости. М., Высшая школа, 1976. 272 с.
9. Светлицкий В.А. Меахника трубопроводов и шлангов. М., Машиностроение, 1982, 279 с.

**Маммадов А.Дж.,
Мирсалахова Л.М., Абдуллаева К.Л.,
Шерфзаде Каримова С.Н.**

*Азербайджанский Архитектурно-
Строительный Университет*
mammadovahad23@icloud.com,
lamiyamirsalakhova@gmail.com,
a.q.kamala@mail.ru,
sevinjksharifzadeh@gmail.com

**Условия испытания нефтепроводов
на прочность долговечность
в пространстве**

АННОТАЦИЯ

При испытании на прочность нефтепроводов в пространстве в качестве основного условия прочности принимается абсолютное значение нормального напряжения, возникающего в продольном направлении стенки трубы. В случае испытания на прочность в качестве основы принимаются два условия, при которых силы, возникающие под действием расчетных и нормативных нагрузок, меньше расчетного сопротивления. В случае испытания на прочность в расчетные выражения включается двухосное напряженно-деформационное состояние стенки трубы для

пространственного случая. Найдены решения задач прочности и испытания на прочность, а условия выполнены на численных примерах.

Ключевые слова: испытание на прочность, кольцевое напряжение, расчетные нагрузки, нормативное сопротивление, модуль упругости, двухосевые напряжения

**Mammadov A.C.,
Mirsalahova L.M., Abdullayeva K.G.,
Sharifzade Karimova S.N.**

*Azerbaijan University of Architecture
and Construction*
mammadovahad23@icloud.com,
lamiyamirsalakhova@gmail.com,
a.q.kamala@mail.ru,
sevinjksharifzadeh@gmail.com

**Conditions for testing oil pipelines for
durability and strength in space**

ABSTRACT

In the strength testing of oil transportation space pipelines, the absolute value of the normal stress arising in the longitudinal direction of the pipe wall is taken as the main condition for strength. In the case of strength testing, two conditions are taken as the basis for the forces arising from the action of design and normative loads to be less than the design resistance. In the case of strength testing, the biaxial stress-deformation state of the pipe wall for the spatial case is included in the calculation expressions. The problems of strength and strength testing have found their solution and the conditions have been met in numerical examples.

Keywords: strength testing, annular stress, design loads, normative resistance, modulus of elasticity, biaxial stress.

*Məqaləyə AzMIU-nun “Meliiorasiya və su
təsərrüfatı tikintisi” kafedrasının dosenti
N.A. Səfərova rəy vermişdir*

Redaksiyaya daxil olma/Received 22.04.2026

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 01.06.2026