

## PARALEL QAZ KƏMƏRLƏRİNİN REKONSTRUKSIYASININ TEXNOLOJİ ƏSASLARI

**Əliyev İlqar Qiyas oğlu** -t.ü.f.d., dosent, Bina və qurğuların istismarı və rekonstruksiyası kafedrası, AzMİU, i\_q\_aliyev@mail.ru,

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

**Əlizadə Niyaz İlqar oğlu**- dissertant, Meliorasiya və su təsərrüfatı tikintisi kafedrası, AzMİU, alizade.niyaz@mail.ru

**Xülasə.** Tələbatçı müəssisələrin iş rejimini onları qaz yanacağı ilə qidalandıran, paylayıcı qaz kəmərinin iş rejimindən qeyri-asılı etmək, başqa sözlə həmin müəssisələrin qazla təminin fasiləsizliyinin təmini vacib problemlərdən biri olaraq qalır. Bu səbəblə rekonstruksiyanın yeni texnoloji əsaslarının işlənilməsi və qaz nəqlətdici şəbəkələrə quraşdırılmış müasir avadanlıqların səviyyəsində qaz itkisinin qarşısının alınması səbəbilə nəzəri - əsaslandırılmış hesabat sxeminin işlənilməsi böyük əhəmiyyət kəsb edir. Məqalədə paralel qaz kəmərlərində əlaqələndiricilər arasındakı addımın iqtisadi cəhətdən uzunluğunun təyini məqsədlə analitik ifadə tapılmış, nəzəri və texniki əsaslarla fəaliyyətdə olan çox düzümlü paralel qaz kəmərlərinin rekonstruksiyasının effektiv üsulları üçün rekonstruksiya variantı işlənilmişdir.

**Açar sözlər:** paralel qaz kəmərləri, qaz kəmərlərinin rekonstruksiyası, kəmərlərin əlaqələndiricisi, lupinq, çox düzümlü boru şəbəkəsi, fasiləsiz qaz təminatı, qəza rejimi, armaturların optimal addımı

## TECHNOLOGICAL FOUNDATIONS OF MULTI-LINE GAS PIPELINE RECONSTRUCTION

**Aliyev İlqar Qiyas-** PhD in tech.sc., ass.prof., department of Operation and reconstruction of buldings and facilities, AzUAC, i\_q\_aliyev@mail.ru

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

**Alizadə Niyaz İlqar-** PhD candidate, department of Land reclamation and water management construction, AzUAC, alizade.niyaz@mail.ru

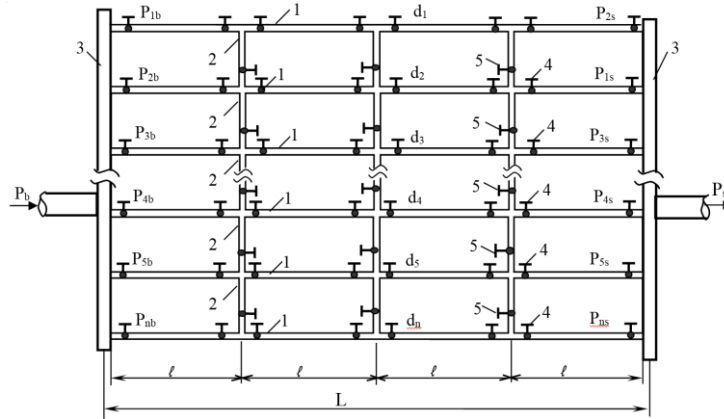
**Abstract.** One of the significant challenges in ensuring the uninterrupted supply of gas to consumer facilities is to make them less dependent on the operating mode of the gas distribution pipelines. Therefore, the development and implementation of a theoretical-based scheme, taking into account the new technological foundations of reconstruction and achieving the level of gas loss prevention found in modern gas distribution networks, are of paramount importance. This article explores the analytical expression for determining the economic length of interconnections between parallel gas pipelines and outlines a reconstruction variant for the effective methods of reconstructing multi-level parallel gas pipelines.

**Keywords:** parallel gas pipelines, pipeline reconstruction, pipeline interconnector, loopings, multi-line gas pipeline network, uninterrupted gas supply, accident mode, optimal spacing of fittings

**Giriş.** Qaz kəmərinin fasiləsiz iş rejimi məqsədlə müxtəlif layihələndirmə üsulları tətbiq olunur. Bunlardan daha optimalı, paralel qaz kəmərləri bir-biri ilə əlaqələndiricilər vasitəsilə qoşularaq, vahid hidravliki rejimdə işləməsidir (şək.1). Paralel qaz kəmərləri xətti kəmərlərə nisbətən etibarlılığı yüksək olduğundan və qazdan istifadə edən tələbatçıları fasiləsiz enerji daşıyıcısı ilə təmin edə bildiyindən təcrübədə geniş istifadə edilir. Belə ki, düzümlərin birində qəza baş verdikdə və ya təmir işləri aparıldıqda boru xətti üzərindəki qəza avtomat kranları vasitəsilə zədələnmiş hissə əsas qaz kəmərinə

ayrılır. Bundan sonra işə qəza avtomat kranlarının yaxınlığındakı əlaqələndiricilər üzərindəki kranlar açılır. Nəticədə tələbatçıların qazla təminatı pozulmur (şək.2).

**Metodologiya.** Zədələnmiş düzumdəki qaz əlaqələndiricilər vasitəsilə zədələnməmiş düzümə ötürülür və bu proses zədələnmiş boru təmir olunan müddətə qədər davam etdirilir [1]. Bu nöqtəy-nəzərdən qaz kəmərlərinin tikintisi və eləcə də rekonstruksiyasında əsas fikir elə qaz verimi sisteminin yaradılmasına yönəldilir ki, tələbatçıların fasiləsiz qazla təminatını kəmərin texnoloji iş rejimindən və müxtəlif təmir işlərinin aparılmasından asılı olmasın.



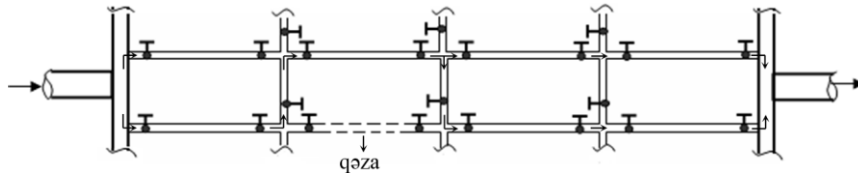
**Şəkil 1.** Çox düzümlü paralel qaz kəmərinin prinsiplial sxemi.

1-düzümdəki boru kəmərləri; 2-əlaqələndiricilər; 3-kollektorlar;

4-boru kəməri üzərindəki qəza avtomat kranları; 5-əlaqələndiricilər üzərindəki qəza avtomat kranları; L –qaz kəmərinin uzunluğu;  $l$  - əlaqələndiricilər arasındakı məsafə;

$P_b$  –kəmərin başlanğıc təzyiqi;  $P_s$  –kəmərin son təzyiqi;

$d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$  –düzümdəki boruların diametri [1]



**Şəkil 2.** Çox düzümlü qaz kəmərlərinin qəza rejimində düzümlərin bir-biri ilə əlaqələndirilmə sxemi [1]

**Əlaqələndiricilər arasındakı optimal məsafənin təyini:** Paralel qaz kəmərlərinin rekonstruksiyası zamanı əlaqələndiricilər arasındakı məsafənin təyində elə optimal variant seçmək lazımdır ki, minimum götürülmüş xərclərin cəmi, tələbatçıların fasiləsiz qazla təmini nəticəsində əldə olunan gəlirə alternativ olsun. Qeyd etdiyimiz kimi kəmərin müxtəlif texnoloji iş rejimindən asılı olaraq, sisteminin və eləcə də hər bir düzümünün buraxıcılıq qabiliyyətinin artırılması məqsədi ilə əlaqələndiricilərin işə salınmasına ehtiyac duyulur. Aydındır ki, ancaq bu zaman tələbatçıları fasiləsiz qazla təmin edə bilərik. Bu proses aşağıdakı ardıcılıqla həyata keçirilir;

- paralel kəmərin düzümlərinin hər hansı birinin zədələnmiş və ya təmir ediləcək hissəsi aşkar edilir,

- aşkar edilmiş hissənin sağında və solunda əvvəlcədən boru üzərində yerləşdirilmiş bağlayıcı armaturlar işə salınır (Şəkil 2). Bu zaman borunun zədələnmiş hissəsi sistemin əsas hissəsindən ayrılır və təmirə hazırlanır,

- zədələnmiş düzümdəki axan qazın fasiləsizliyinin təmini üçün zədələnmiş hissəyə ən yaxın olan sağdakı və solundakı əlaqələndiricilər üzərində yerləşdirilən qəza avtomat kranları işə salınır (açılır)

[1]. Bu zaman zədələnmiş düzümdə olan qaz axını zədələnmiş düzümə axıdılır. Nəticədə tələbatçıların qazla təminatı prosesi pozulmur (şək.2).

**Diskussiya.** Şəkil 1-də göstərilən paralel qaz kəmərinə düzümlərin sayını üç ( $n = 3$ ) qəbul etsək və fərz etsək ki, sonuncu olan üçüncü düzümü zədələnilib, onda yuxarıda qeyd olunan keçid proseslərin tətbiqi nəticəsində kəmərin sxemi 3 düzümlü olacaq.

Şəkil 2-dən göründüyü kimi zədələnmiş düzüm əlaqələndiricilər işə salındıqdan sonra, özünü lupinq kimi aparır. Məlumdur ki, qaz kəmərinin buraxıcılıq qabiliyyətini (sərfini) artırmaq üçün lupinq sisteminə istifadə edilir. Aparılan araşdırmalar nəticəsində təsbit edilmişdir ki, quraşdırılan lupinqin uzunluğundan asılı olaraq kəmərin məhsuldarlığı dəyişir. Başqa sözlə, lupinqin uzunluğu artdıqca kəmərin məhsuldarlığı uyğun olaraq artacaq [2]. Digər tərəfdən quraşdırılan lupinqin uzunluğunun artırılması sistemə çəkiləcək kapital qoyuluşunu artıracaq.

Bu nöqteyi-nəzərdən, quraşdırılacaq lupinqin optimal parametrlərini (yəni, hansı diametrdə və hansı uzunluqda) elə təyin etmək lazımdır ki, lupinqin quraşdırılmasına çəkilən dəyərin minimum olması şərti ilə çox düzümlü paralel qaz kəmərinin buraxıcılıq qabiliyyəti müəyyən lazımi həcmdə artsın. Şəkil 1-dən göründüyü kimi lupinqin uzunluğu paralel qaz kəmərinə quraşdırılmış əlaqələndiricilərin addımları arasındakı məsafənin  $\ell$ -in uzunluğundan asılıdır. Ona görə də, əlaqələndiricilər arasında optimal məsafənin təyini paralel qaz kəmərinin rekonstruksiyasının əsas üsullarından biridir. Deməli, paralel qaz kəmərlərinin rekonstruksiyasında əlaqələndiricilər arasındakı məsafənin optimal uzunluğunun təyini zamanı çalışmaq lazımdır ki, kəmərin məhsuldarlığının artırılması nəticəsində əldə olunan gəlir, sistemin rekonstruksiyasına çəkilən xərci ödəyə bilsin.

Bu asılılığı aşağıdakı analitik şəkildə göstərə bilərik:

$$Z = \phi(\ell) \quad (1)$$

Bu funksiya üçün konkret lazım olan ifadəni tapmaq məqsədilə çox düzümlü paralel qaz kəmərinin mövcud və keçid prosesində buraxıcılıq qabiliyyətinin (məhsuldarlığının) ifadələrini təyin etməliyik, məqsəd çox düzümlü paralel qaz kəmərlərinin əlaqələndiricilər arasındakı məsafədən asılı olaraq, qəza rejimlərində və təmirlərində tələbatçılara qaz verimi prosesinin analizidir. İlkin olaraq çox düzümlü paralel qaz kəmərinin zədələnməsindən əvvəl mövcud məhsuldarlığını təyin edirik. Şəkil 1-dən istifadə edərək qaz kəmərinin hər bir düzümü üçün qaz axınının stasionar hərəkətinin tənliyini yazırıq:

$$\text{I düzüm üçün} \quad P_{1b}^2 - P_{1s}^2 = c^2 \frac{\lambda L}{d} Q_1^2 \quad (2)$$

$$\text{II düzüm üçün} \quad P_{2b}^2 - P_{2s}^2 = c^2 \frac{\lambda L}{d} Q_2^2 \quad (3)$$

$$\text{III düzüm üçün} \quad P_{3b}^2 - P_{3s}^2 = c^2 \frac{\lambda L}{d} Q_3^2 \quad (4)$$

.....

$$\text{Uyğun olaraq, } n \text{ -ci düzüm üçün} \quad P_{nb}^2 - P_{ns}^2 = c^2 \frac{\lambda L}{d} Q_n^2 \quad (5)$$

(2), (3), (4), (5)-ci düsturlarda nəzərdə tutulur ki, qaz kəmərinin düzümləri eyni diametrlili borulardan quraşdırılıb.

Burada,  $\lambda$  və  $d$  – mövcud qaz kəmərinin düzümlərindəki borularan hidravliki müqavimət əmsalı və diametrləri,  $c$  –səsin qazda sürəti olub aşağıdakı kimi təyin olunur.

$$c = \sqrt{zRT}$$

Burada,  $R$  –universal qaz sabiti,

$T$  –mütləq temperatur,

$Z$  –qazın sıxılma əmsalı,

$P_{1b}, P_{2b}, P_{3b}, \dots, P_{nb}$  –uyğun olaraq paralel qaz kəmərinin düzümlərinin başlanğıc təzyiqləri,

$P_{1s}, P_{2s}, P_{3s}, \dots, P_{ns}$  – uyğun olaraq paralel qaz kəmərinin düzümlərinin sonundakı təzyiqləridir.

Vahid hidravliki rejimdə işləyən paralel qaz kəmərlərinin düzümləri eyni başlanğıc və eyni son

nöqtələrə malik olduqlarından onların təzyiqləri bar-birinə bərabər olacaq, yəni

$$P_{1b} = P_{2b} = P_{3b} = \dots = P_{nb} = P_b$$

$$P_{1s} = P_{2s} = P_{3s} = \dots = P_{ns} = P_s$$

$P_b$  və  $P_s$  – çox düzümlü paralel qaz kəmərinin əvvəlində və sonunda təzyiqlərdir (Şəkil 1). Paralel qaz kəmərinin ümumi məhsuldarlığını təyin etmək üçün (2), (3), (4) və (5) tənliklərini cəmləyirik. Onda,

$$\Pi(P_b^2 - P_s^2) = c^2 L \left( \frac{Q_1^2 + Q_2^2 + Q_3^2 + \dots + Q_n^2}{d} \right) \lambda \quad (6)$$

Aydın ki, stasionar rejim üçün düzümlərdəki sərlərin cəmi paralel qaz kəmərinin ümumi sərfinə ( $Q_0$ ) bərabərdir. Onda,

$$Q_1^2 + Q_2^2 + Q_3^2 + \dots + Q_n^2 = Q_0^2 \quad (7)$$

Beləliklə, (7) bərabərliyini (6) tənliyində nəzərə alsaq, mövcud çox düzümlü paralel qaz kəməri üçün lazım olan sərf miqdarını aşağıdakı ifadə vasitəsilə təyin edə bilərik.

$$Q_0 = \sqrt{\frac{(P_b^2 - P_s^2) n \cdot d}{c^2 \lambda}} \cdot \frac{1}{\sqrt{L}} \quad (8)$$

İndi isə paralel qaz kəmərinin düzümlərinin biri zədələndikdə, yəni əlaqələndiricilər vasitəsilə zədələnmiş düzümdən qaz axınının zədələnməmiş düzümə verilməsi nəticəsində keçid prosesi üçün kəmərin ümumi sərfini təyin edək.

Araşdırma aparmaq üçün zədələnmiş düzümün xətti hissəsini 3 hissəyə bölürük (Şək.2);

- kəmərin başlanğıcından zədələnmiş hissənin əvvəlində yerləşdirilən əlaqələndiriciyə qədər olan məsafə, lupinqli sistem  $0 \leq x \leq \ell$
- zədələnmiş hissə, yəni iki əlaqələndirici arasındakı məsafə  $x \leq \ell \leq (L - x - \ell)$ ;
- zədələnmiş hissənin sonunda yerləşdirilmiş əlaqələndiricidən kəmərin sonuna qədər olan məsafə  $\ell \leq (L - x - \ell) \leq L$ .

Sonra isə aşağıdakı göstəriciləri qəbul edək;

$\bar{Q}$  - əlaqələndirici vasitəsilə zədələnmiş düzümdən qaz axınının zədələnməmiş düzümə yönəldilməsi nəticəsində (lupinqli sistemin) qaz kəmərinin dəyişdirilmiş məhsuldarlığı (sərfi),

$\ell$  - əlaqələndiricilər arasındakı məsafənin naməlum uzunluğu;

$P_1$  və  $P_2$  - zədələnmiş hissənin əvvəlində və sonunda təzyiq.

Qəbul edilmiş hər bir hissə üçün düzümlərdə qaz axınının stasionar hərəkətinin tənliyini yazaq.

$0 \leq x \leq \ell$  (lupinqli sistem) üçün

$$P_b^2 - P_1^2 = \lambda c^2 \frac{Q_\ell^2}{2d} x \quad (9)$$

$x \leq \ell \leq (L - x - \ell)$  üçün

$$P_1^2 - P_2^2 = \lambda c^2 \frac{Q_\ell^2}{d} \ell \quad (10)$$

$\ell \leq (L - x - \ell) \leq L$  (lupinqli sistem üçün)

$$P_2^2 - P_s^2 = \lambda c^2 \frac{Q_\ell^2}{2d} (L - x - \ell) \quad (11)$$

(9), (10) və (11) düsturlarını bir-birilə cəmləyərək 3 düzümlü paralel kəmərin 2-ci və 3-cü düzümlərin (lupinqli sistemin) məhsuldarlığını (sərfini) təyin edirik.

$$Q_\ell = \sqrt{\frac{(P_b^2 - P_s^2)}{\lambda c^2}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\ell + L}} \quad (12)$$

Üç düzümlü paralel kəmərin 1-ci düzümündəki sərf (8) düsturuna əsasən ( $n = 1$ ) aşağıdakı kimi olacaq.

$$Q_\ell = \sqrt{\frac{(P_b^2 - P_s^2)}{\lambda c^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{L}} \quad (13)$$

Aydındır ki, Şəkil 3-də göstərilmiş üç düzümlü paralel kəmərin keçid prosesi üçün ümumi sərfini (məhsuldarlığını) təyin etmək (12) və (13) tənliklərini toplayırıq. Onda,

$$\bar{Q} = \sqrt{\frac{(P_b^2 - P_s^2)}{\lambda c^2}} \cdot \left[ \frac{\sqrt{2}}{\ell + L} + \frac{1}{\sqrt{L}} \right] \quad (14)$$

Burada,  $\bar{Q} = Q_\ell + Q_1$

Deməli, quraşdırılan əlaqələndiricilərin kəmərin başlanğıc və son hissəsində olduqda məhsuldarlığın artması əhəmiyyətlidir. Lakin kəmərin digər hissələri üçün əlaqələndiricilər arasındakı məsafənin  $\ell$ -in uzunluğu əhəmiyyətlidir. Ona görə  $\ell$ -in optimal uzunluğunu elə təyin etməliyik ki, qaz kəmərinin zədələnməsindən sonra (təmir olunma müddətinə qədər) məhsuldarlığı zədələnmədən əvvəlki məhsuldarlığına yaxın olsun. Bu nöqtəyi-nəzərdən (1) funksiyasının lazım olan ifadəsini tapmaq üçün (8) ifadəsində  $n=3$  qəbul edirik (üç düzümlü paralel kəmərlər üçün) və (14) düsturu ilə (8) düsturunun nisbətərini aşağıdakı şəkildə təyin edirik.

$$\phi(\ell) = \frac{\bar{Q}}{Q_0} = \left[ \frac{\sqrt{\frac{2L}{\ell + L} + 1}}{\sqrt{3}} \right] \quad (15)$$

(15) düsturundan görünür ki, çox düzümlü paralel qaz kəmərinə əlaqələndiricilər arasındakı məsafənin elə qiymətini tapmaq lazımdır ki,  $\phi(\ell)$  funksiyanın qiyməti vahidə  $[\phi(\ell) \rightarrow 1]$  yaxınlaşsın. Ancaq, bu şərt daxilində kəmərdən qidalanan tələbatçıları lazım olan miqdarda fasiləsiz qazla təmin etmək olar. Başqa sözlə, kəmərin zədələnməsi və təmirindən asılı olmayaraq istehlakçıların əksəriyyəti qazdan normal istifadə edə biləcək və sistemin etibarlıq göstəricisi yüksək olacaq. Digər tərəfdən qeyd olunduğu kimi  $\ell$  -in uzunluğunun qiymətini elə təyin etmək lazımdır ki, sistemin rekonstruksiyasına çəkilən xərc tələbatçıların fasiləsiz qazla təmini nəticəsində əldə olunan gəlirdən çox olmasın. Başqa sözlə,

$$\phi(\ell) \cdot S_g \geq S_{rek} \quad (16)$$

(16) bərabərsizliyində  $\ell$  funksiyasının ifadəsini nəzərə alsıyaq və «  $\geq$  » işarəsini «  $=$  » ilə əvəz etsək aşağıdakı tənliyi alarıq.

$$\frac{2L}{\ell + L} + 2\sqrt{\frac{2L}{\ell + L} + 1} - \frac{\sqrt{3} \cdot S_{rek}}{S_g} = 0 \quad (17)$$

Burada,  $S_{rek}$  - çox düzümlü paralel qaz kəmərinin rekonstruksiyasında sistemə çəkilən ümumi gətirilmiş xərclərin cəmi,

$S_g$  - çox düzümlü paralel qaz kəmərlərin əlaqələndiricilərin optimal yerləşdirilməsi nəticəsində əldə edilən gəlirdir.

(17) tənliyini həll edərək çox düzümlü paralel qaz kəmərlərinin rekonstruksiyasında əlaqələndiricilər arasındakı addımın optimal uzunluğunu aşağıdakı ifadə vasitəsilə təyin edə bilərik.

$$\ell = L \left[ 1 - \frac{2}{(\sqrt{\beta} - 1)^2} \right] \quad (18)$$

$$\text{Burada, } \beta = \frac{\sqrt{3} \cdot S_{rek}}{S_g}$$

Ancaq, bu zaman əlaqələndiricilərin optimal yerləşdirilməsi məqsədilə çoxlu sayda rekonstruksiya variantına baxmaq lazım gəlir. Bu ondan irəli gəlir ki, əlaqələndiricilər arasındakı uzunluğunun ölçüsünü dəyişdikcə (12) düsturuna əsasən tələbatçılara qaz veriminin miqdarı dəyişir və bunun nəticəsində əldə edilən gəlirin qiyməti də dəyişəcək. Eyni zamanda, əlaqələndiricilərin arasındakı məsafənin dəyişməsi onların quraşdırılmasının sayına təsir göstərir (Şəkil 1) və bununla da sistemə çəkilən ümumi gətirilmiş xərcin dəyəri artır və ya azalır. Başqa sözlə,  $\beta$  əmsalının qiymətlər çoxluğu ( $\beta \in ]0; \infty[$ ) sonsuz ola bilər. Bunun nəticəsində də (18) düsturu sonsuz sayda qiymət ala bilər. Beləliklə, rekonstruksiya variantlarının sayı (18) düsturunu uyğun olaraq kifayət qədər çox olacaq.

Bu nöqtəyi-nəzərdən yuxarıda qeyd olunan mürəkkəblikdən qaçmaq üçün, həm əldə olunan gəlirin rekonstruksiya çəkilən xərclərin dəyərlərini əlaqələndiricilər arasındakı məsafədən asılı olaraq təyin edilməsi məsələsi ortaya çıxır. Şəkil 1-dən görünür ki, əlaqələndiricilər arasındakı məsafənin uzunluğunu  $\ell$  qəbul etsək, onlar arasındakı addımın sayı (əlaqələndiricilərin sayı)  $m = \frac{L}{\ell}$  olar. Digər tərəfdən aydın olur ki, bir addım üçün quraşdırılacaq qəza avtomat kranlarının (bağlayıcı armaturların) sayı düzüm üçün təqribən 8 ədəd, əlaqələndiricilərin sayı isə 3 ədəd olacaq. Deməli, 3 paralel qaz kəmərlərinin rekonstruksiyası zamanı əlaqələndiricilərin sayı  $m$  olarsa, kəməre çəkilən gətirilmiş xərclərin cəmini aşağıdakı kimi təyin edə bilərik.

$$S_{rek} = m \cdot Z \quad (19)$$

Burada,  $Z$  – bir addım üçün kəmərin rekonstruksiyasına çəkilən gətirilmiş xərclərin dəyəridir.

$$Z = E_n (8 K_{a.k} + 3 K_{\text{əlaq}}) + 8 C_{a.k} + 3 C_{\text{əlaq}}, \quad \text{man} \quad (20)$$

$K_{a.k}$ ,  $K_{\text{əlaq}}$  – uyğun olaraq bir avtomat kranın və əlaqələndiricinin quraşdırılması zamanı kapital qoyuluşu, manat / ədəd.

$C_{a.k}$ ,  $C_{\text{əlaq}}$  – avtomat kran və əlaqələndirici üçün istismar xərcləri, manat / ədəd.

$E_n$  – qaz kəmərləri üçün kapital qoyuluşunun müqayisəli effektivliyinin normativ əmsalıdır.

Beləliklə, rekonstruksiya variantının təsbit edilməsi üçün (19) ifadəsini (16) bərabərsizliyində nəzərə alırıq.

$$\text{Bu zaman, } \phi(\ell) S_g \geq mZ \quad \text{və ya} \quad \left[ \frac{\sqrt{\frac{2L}{\ell} + 1}}{\frac{\sqrt{\ell + L}}{3}} \right] \cdot S_g \geq \frac{L}{\ell} Z \quad (21)$$

(21) bərabərsizliyinin sol tərəfində göstərilən ifadə əlaqələndiricilərin quraşdırılması zamanı tələbatçıların qazla təminatı zamanı əldə edilən gəliri, sağ tərəfindəki ifadə isə sistemin rekonstruksiyasına çəkilən xərcləri ifadə edir. Aydındır ki, (21) bərabərsizliyin şərti ödənildikdə təyin edilmiş əlaqələndiricinin uzunluğu sistemin rekonstruksiyasının səmərəli variantının olmasına zəmanət verə bilər [3,4].

Paralel qaz kəmərinin düzümlərindən biri zədələndikdə və ya müxtəlif səbəbdən təmir olunan vaxtı əlaqələndiricilərin işləməsi zamanı, ondan qidalanan tələbatçıların kateqoriyasından asılı olaraq verilmiş hər bir  $1 m^3$  qaz üçün əldə olunan gəliri aşağıdakı analitik üsulla təyin edə bilərik.

$$S_g = \frac{Q_0 \cdot t \cdot e}{n} \cdot \omega \cdot L, \quad \text{man/il} \quad (22)$$

Burada,  $Q_0$  – çox düzümlü qaz kəmərlərinin məhsuldarlığı,  $m^3/\text{saat}$ ,

$n$  – qaz kəmərinde düzümlərin sayı, ədəd;

$t$  – qaz kəmərlərinin təmir olunması müddəti və ya təmir vaxtı tələbatçılara fasiləsiz qaz verilişi müddəti, saat;

$\omega$  – qaz kəmərinin borularının qəza intensivliyi,  $l / km \cdot il$ ;



$L$  - qaz kəmərinin uzunluğu,  $km$ ;

$e$  - müxtəlif kateqoriyalı tələbatçılara verilən hər  $1 m^3$  qaz üçün əldə edilən gəlir,  $manat/m^3$ .

Beləliklə, (21) bərabərsizliyinin təhlilindən görünür ki, paralel qaz kəmərlərinin rekonstruksiyası zamanı həm əldə edilən gəlir, həm də kəməərə çəkilən xərc əlaqələndiricilərdən asılıdır. Onda, (21) bərabərsizliyinin sol və sağ tərəflərini bir-birinə bərabər qəbul etsək, alırıq.

$$\left( \sqrt{\frac{2L}{3\ell + 3L}} + \frac{1}{\sqrt{3}} \right) \cdot \wp = \frac{L}{\ell} \quad (23)$$

Burada,  $\wp$  əmsalı aşağıdakı kimi ifadə olunur:

Burada,

$$\wp = \frac{S_g}{Z}$$

(23) düsturundan aşağıdakı ifadəni alırıq,

$$\ell^3 + \left( \frac{2\sqrt{3}L}{\wp} - L \right) \cdot \ell^2 + \left( \frac{2\sqrt{3}L}{\wp} + \frac{3L^2}{\wp^2} \right) \cdot \ell + \frac{3L^3}{\wp^2} = 0 \quad (24)$$

(24) tənliyini həll edərək, paralel kəmərlərin rekonstruksiyasının səmərəli variantı üçün əlaqələndiricilər arasındakı addımın naməlum uzunluğunu təyin edirik.

$$\ell = \frac{2L}{\sqrt{3}} \left( \mu sh \frac{4}{3} - \frac{1}{\wp} + \frac{1}{2\sqrt{3}} \right), \quad m. \quad (25)$$

Burada,  $\mu = \sqrt{\left( \frac{1}{\wp} - \frac{5}{\sqrt{3}} \right)^2 - 8}$ ;

$$\eta = \frac{9\sqrt{3}}{\wp} \left( \frac{3}{\wp^2} + 1 \right) - \left( \frac{2\sqrt{3}}{\wp} - 1 \right)^3; \quad \xi = \frac{\eta}{3\sqrt{3}\mu} \quad \phi = \ln \left[ \xi + \sqrt{1 + \xi^2} \right]$$

Beləliklə, paralel qaz kəmərlərinin rekonstruksiyasında mühəndis hesablamaları üçün təyin olunan (25) düsturundan əminliklə istifadə edə bilərik.

**Nəticə.** Əlaqələndiricilər arasındakı addımın iqtisadi cəhətdən uzunluğunun təyini məqsədilə nəzəri və texniki əsaslarla işlənmiş düsturundan istifadə edərək, fəaliyyətdə olan çox düzümlü paralel qaz kəmərlərinin rekonstruksiyasını effektiv üsulla apara bilərik.

Mövcud və yeni tikilən paralel qaz kəmərlərinə əlaqələndiricilərin iqtisadi cəhətdən səmərəli yerləşdirilməsi üçün təklif olunan hesabat sxeminin həyata keçirilməsi nəticəsində rekonstruksiyasının texnoloji əsasları üçün optimal qərarın qəbuluna imkan verir.

## Ədəbiyyat

1. Əliyev İ.Q. 2005. Vına və mühəndis sistemlərinin rekonstruksiyası. Dərslik. Bakı
2. Жила А.В. 2005. Газовые сети и установки. Изд. Академия
3. Орлов В.А. 2012. Технологии бестраншейной прокладки и ремонта трубопроводов. с.210. М:МГСУ
4. Щуровский В.А., Зюзьков В.В. 2011. Энергоэффективность магистрального транспорта газа и потребности в газоперекачивающей технике. №1.с.38-41. Компрессорная техника и пневматика
5. Кязимов К.Г. 2004. Устройство и эксплуатация газового хозяйства. Издательский центр Академия
6. Критерии вывода в реконструкцию объектов транспорта газа. 2003, с.11. ВНИИГАЗ
7. Бабин Л.А., Григоренко П.Н., Ярыгин Е.Н. 2011. Типовые расчеты при сооружении трубопроводов. с.246. М.:Недра

8. Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации газового хозяйства организации. Санкт-Петербург, 2009
9. Абдрахманов Н.Х., Давлетов В.М., Абдрахманова К.Н., Ворохобко В.В., Абдрахманов Р.Н. 2016. Повышение безопасности эксплуатации газопроводов. № 4. с.190-194. Нефтегазовое дело
10. Кускильдин Р.А., Закирова З.А., Петрова Е.П., Иванов А.Н. 2017. Современные технологии обеспечения безопасности на объектах трубопроводного транспорта. Т.15. №2. с.90-94. Нефтегазовое дело
11. Лютов Т.Е. 2014. Особенности и возможности современных способов реконструкции и ремонта подземных газопроводов в условиях городской застройки. №1. с.92-95. Ползуновский вестник
12. Clifford W Petersen, Kevin T Corbett, Doug P Fairchild, Scott Papka, Mario L Macia. 2004. Improving long-distance gas transmission economics: XI20 development overview. Proc. of Pipeline technology conference
13. Composite-reinforced line pipe passes Canadian field tests Oil and Gas Journal, 2003
14. Corbett K.T., Bowen R.R., Petersen C.W. 2003. Use of high-strength line pipe can improve economics of long-distance gas lines. Oil and Gas Journal

### References

1. Əliyev İ.Q. Bina və mühəndis sistemlərinin rekonstruksiyası. Dərslik. Bakı. 2005
2. Zhila A.V. 2005. Gazovye seti i ustanovki. Izd. Akademiya
3. Orlov V.A. 2012. Tekhnologii bestranshejnoy prokladki i remonta truboprovodov. с.210. М:MGSU
4. SHCHurovskij V.A., Zyuz'kov V.V. 2011. Energoeffektivnost' magistral'nogo transporta gaza i potrebnosti v gazoperekachivayushchej tekhnike. №1. s.38-41. Kompessornaya tekhnika i pnevmatika
5. Kyazimov K.G. 2004. Ustrojstvo i ekspluatatsiya gazovogo hozyajstva. Izdatel'skij centr Akademiya
6. Kriterii vyvoda v rekonstrukciyu ob"ektov transporta gaza. 2003, s.11. VNIIGAZ
7. Babin L.A., Grigorenko P.N., Yarygin E.N. 2011. Tipovye raschety pri sooruzhenii truboprovodov. s.246. М:Nedra
8. Mezhotraslevye pravila po ohrane truda pri ekspluatatsii gazovogo hozyajstva organizatsii. Sankt-Peterburg, 2009
9. Abdrahmanov N.H., Davletov V.M., Abdrahmanova K.N., Vorohobko V.V., Abdrahmanov R.N. 2016. Povyshenie bezopasnosti ekspluatatsii gazoprovodov. № 4. s.190-194. Neftgazovoe delo
10. Kuskil'din R.A., Zakirova Z.A., Petrova E.P., Ivanov A.N. 2017. Sovremennye tekhnologii obespecheniya bezopasnosti na ob"ektah truboprovodnogo transporta. T.15. №2. s.90-94. Neftgazovoe delo
11. Lyutov T.E. 2014. Osobennosti i vozmozhnosti sovremennyh sposobov rekonstrukcii i remonta podzemnyh gazoprovodov v usloviyah gorodskoj zastrojki. №1. с.92-95. Polzunovskij vestnik
12. Clifford W Petersen, Kevin T Corbett, Doug P Fairchild, Scott Papka, Mario L Macia. 2004. Improving long-distance gas transmission economics: XI20 development overview. Proc. of Pipeline technology conference
13. Composite-reinforced line pipe passes Canadian field tests Oil and Gas Journal, 2003
14. Corbett K.T., Bowen R.R., Petersen C.W. 2003. Use of high-strength line pipe can improve economics of long-distance gas lines. Oil and Gas Journal

*Məqaləyə istinad: Əliyev İ.Q., Yusifov M.Z., Əlizadə N.İ. Paralel qaz kəmərlərinin rekonstruksiyasının texnoloji əsasları. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzMIU, s. 49-56, N1, 2024*

*For citation: Aliyev I.Q., Yusifov M.Z., Alizadə N.I. Technological foundations of multi-line gas pipeline reconstruction. Elmi Əsərlər/Scientific works, AzUAC. p.49-56, N1, 2024*

Redaksiyaya daxil olma/Received 15.09.2023

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 15.12.2023