

# Boru kəmərlərinin diaqnostikası üçün yeni üsulun tətbiqi barədə

A.R. Nağızadə

"Neftqazəlimatdiqatlayihə" İnstitutu

**Açar sözlər:** gərginlik konsentrasiyası zonası, metalın maqnit yaddaşı, qalıcı maqnit sahəsi, ultrasəs müayinə.

e-mail: Nagizadeanar26@gmail.com

DOI.10.37474/0365-8554/2022-9-63-67

## O применении нового метода для диагностики трубопроводов

A.P. Nağızadə  
НИПИнефтегаз

**Ключевые слова:** зона концентрации напряжения, магнитная память металла, остаточное магнитное поле, ультразвуковой контроль.

Рассмотрена необходимость использования современных методов диагностики, основанных на современных технологиях, для выявления возможных повреждений трубопроводов и ряда оборудования. Учитывая внешние и внутренние воздействия на трубопроводы, необходимо проводить регулярные диагностические испытания. Основной причиной возникновения повреждений трубопроводов и оборудования является образование напряженно-деформированного состояния, формируемым на этих линиях. Методы технической диагностики, основанные на современных технологиях, должны применяться для выявления возможных повреждений трубопроводов и оборудования.

В исследованиях использовались современные компьютерные технологии и программное обеспечение для выполнения расчетов. В течение отчетного периода трубопровод был испытан методом магнитной памяти металла (МПМ) и в настоящее время используется как наиболее эффективный вариант.

## On the implementation of a new method for diagnostics of pipelines

A.R. Naghizade  
"Oil-Gas Scientific Research Design" Institute

**Keywords:** concentration zone of tension, magnetic memory of metal, residual magnetic field, ultrasonic control.

The paper reviews the necessity of using modern methods of diagnostics based on the up-to-date technologies for revealing probable damages in the pipelines and some equipment. Considering external and internal impact in the pipelines, it is necessary to conduct regular diagnostic tests. The main reason for the damages of pipelines and equipment is the formation of tension concentration as a result of the effect of some loads on these devices. Due to this, the reliability of gas pipelines in the operation is defined by a criteria of strain-stress state occurred on these lines. The methods of technical diagnostics based on the up-to-date technologies should be implemented for revealing probable damages within the pipelines and equipment as well.

Smart-of-the-art software technologies for performing calculations have been used in the research surveys. Within the report period, the pipeline has been tested with the method of magnetic memory (MMM) and currently is used as the most effective option.

## Problemin müasir vəziyyəti

Məlumdur ki, təyinatından asılı olaraq istismarda olan boru kəmərləri daima bir sıra statik və dinamik yüklərin təsiri altındadır [1]. Bu təsirlər nəticəsində borunun müxtəlif elementlərində, əsasən də güclü korroziya nəticəsində kəmərin divarında qalınlıq itkisi yaranır. Həmçinin kəmərin qaynaq elementlərində, xüsusən əl qaynağı

olunmuş yerlərdə əmələ gələn çatlar və digər gözlə görünməyən zədələr kəmərin istismar müddətinin azalmasına, hətta dayanmasına da səbəb ola bilər [2]. Bütün bu kimi təsirləri nəzərdə saxlamaq üçün vaxtaşırı boru kəmərlərinin diaqnostik müayinəsi aparılmalıdır. Əgər boru kəmərinin müxtəlif elementləri müəyyən olunan vaxt ərzində yoxlanılmazsa, o zaman kəmərin qəzalı vəziyyətə

düşməsi və ya fəlakətlərin baş verməsi qaçılmazdır. Uzun müddət ərzində istismarda olan kəmərin qalıq istismar resursunun qiymətləndirilməsi olduqca əhəmiyyətlidir. Hazırda bu problemin həlli üçün bir sıra metodlar tətbiq edilməkdədir.

**Məsələnin aktuallığı.** Diaqnostika – qazalara səbəb ola biləcək potensial təhlükələrin aşkar olunması ilə boru kəmərlərinin istismarında mühüm rol oynayır. Diaqnostik işlərin görülməsində məqsəd – neft-qaz kəmərlərinin gələcək istismarının mümkünlüyünün müəyyən olunmasıdır. Məhz bu səbəbdən, kəmərin istismarı zamanı boruların qalıq istismar resurslarının qiymətləndirilməsi məsələsi bu gün də aktualdır.

**Tədqiqatın məqsədi** aparılan texniki müayinələr nəticəsində boru kəmərinin qaynaq birləşməsində aşkar olunan anomaliyalar qrupuna əsasən qaynağın istismara yararlılıq dərəcəsinin müəyyən olunmasıdır. Aparılan tədqiqatlarda neft və qaz kəmərlərinin qaynaq birləşmələrində yaranan gərginlik-konsentrasiya zonaları metalın maqnit yaddaşı metoduna (MYM) əsasən, uyğun proqram təminatının tətbiqi vasitəsilə aşkar edilərkən, anomaliyanın növü təyin olunmuşdur.

Hazırda dünyada boru kəmərlərinin deformasiya-gərginlikli vəziyyətinin qiymətləndirilməsi üçün MMY metodu geniş istifadə olunur [3]. Metodun üstünlüyü ondan ibarətdir ki, xarici təsirlərdən metaldakı dislokasiyaların sürüşməsilə əmələ gələn məxsusi maqnit sahəsindən istifadə olunur. MYM – kəmərlərin texniki diaqnostikasında konstruksiyadan məlumatların birbaşa əldə olunması ilə nəticələnən yeni bir istiqamətdir. Bu metod zədəni aşkar etməklə yanaşı, diaqnostika olunan konstruksiyanın faktiki gərginlikli-deformasiyası haqqında məlumat almağa imkan verir [4]. Eləcə də kəmərin istismarda olarkən, qeyd edilən metodla təmir zamanı texniki diaqnostik işlərin aparılması mümkündür.

Gərginlik konsentrasiyasının kəmiyyətə səviyyəsini müəyyənləşdirmək üçün gərginlik-konsentrasiya xəttini keçəndə ( $H_p=0$  xətti) maqnit sahəsinin normal elementinin ( $H_p$ ) qradiyenti təyin edilir [5]:

$$K_{ms} = \frac{|\Delta H|}{2l_k} \quad (1)$$

burada  $K_{ms}$  – maqnit sahəsi yayılmasının qradiyenti və ya gərginlik konsentrasiyasının maqnit əmsalı;  $|\Delta H| - H_p = 0$  xəttinin hər iki tərəfindən eyni səviyyədə ( $l_k$ ) yerləşən iki nöqtə arasında maqnit sahələri fərqiinin moduludur.

Qaz kəmərlərinin istismarı zamanı deformasiya

ya və gərginlik-konsentrasiya zonalarında (GKZ) metalın xassəsində müəyyən dəyişikliklər (korroziya, eroziya, yorulma, qırılma və s.) və metalın maqnitlənməsi dərəcəsinin dəyişməsi baş verir [6].

Maqnit müayinə metodunun digər ənənəvi texniki diaqnostika metodlarına nisbətən bir sıra üstünlükləri var:

– diaqnostika zamanı borunun maqnit sahəsindən istifadə edildiyi üçün digər maqnitləşdirici vasitələrdən istifadə edilmir;

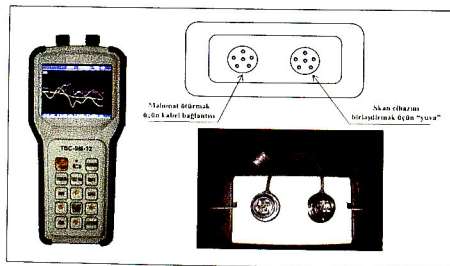
– gərginlik-konsentrasiyaların mövcud olduğu yerlər əvvəlcədən deyil, nəzarət zamanı müəyyən olunur;

– diaqnostika aparılacaq metalın səthində təmizlənmə və digər hazırlıq işlərinə ehtiyac qalmır.

Boru kəmərlərinin tikintisi, istismarı və texniki yoxlanılmasında vacib iş qaynaq birləşmələrinin keyfiyyətinə nəzarət olunmasıdır. MYM tətbiqi ilə boru kəmərlərinin qaynaq birləşmələrinə nəzarət edilməsi mövcud qüsurları (anomaliyaları) diaqnostikanın ilkin mərhələsində də üzə çıxarmağa imkan verir.

MMY metodu boru kəmərinin səthi boyunca maqnit yaddaşının səpələnməsi parametrlərinin ölçülməsi və analizinə əsaslanmışdır. Bu üsul vasitəsilə boru kəmərinin zədələnməyə meyilli olan hissələrində gərginlik-konsentrasiya halları müəyyən edilir. Bu üsuldən sonra – yəni digər ənənəvi nəzarət üsullarından istifadə etməklə, qaz kəmərinin yerli sahələrində qüsurluq səviyyəsinə nəzarət olunur [7]. Son dövrlər metalın maqnit yaddaşı əsasında gərginlik-deformasiya halının diaqnostikasını və riyazi təhlilini aparmağa, yüksək və aşağı təzyiqli kəmərlərdə GKZ-ləri aşkar etməyə imkan verən TSC-9M-12 cihazından istifadə olunur (şəkil 1).

Qeyd edək ki, bu nəzarət üsulu boru kəmərinin həm təmiri, həm də istismarı zamanı aparıla bilər. Bu zaman kəmərin xarici səthində maqnit sahəsinin səpələnməsinin ( $H_p$ ) təyini üçün nəzarət olunacaq hissədən mühafizə qatını sökməyə, yəni



Şəkil 1. TSC-9M-12 cihazının sxemi

rəng qatını və yaxud 3-4 mm qalınlığında olan izolyasiya qatını dağıtmağa ehtiyac yoxdur. Yeraltı boru kəmərlərində bu tip müayinə aparılması üçün şüurlar (yarıqlar) açılmalıdır. Cihazın texniki göstəriciləri haqqında məlumat cədvəl 1-də əks edilmişdir.

$$K_{in} = \frac{|\Delta H_p|}{l_k} \quad (2)$$

$$K_m^b = \frac{|\Delta H_p^b|}{l_b} \quad (3)$$

Göstəricilər	Ölçü
Maqnit sahəsi gərginliyinin ( $H_p$ ) ölçmə diapazonu, A/m	$\pm 2000$
Ölçmə kanallarının sayı, ədəd	12
Ölçmə kanallarının nisbi xətası, %	$\pm 5$
Minimal skan addımı, mm	1
Maksimal skan addımı, mm	128
Skan olunmanın maksimal sürəti, m/s	0.5
Qabarıq ölçülər, mm	165x83x32
Çəki, kq	0.4

Cədvəl 1

Borunun uc-uca qaynaq birləşməsinə TSC-9M-12 tipli cihazla nəzarət sxemi şəkil 2-də verilmişdir.

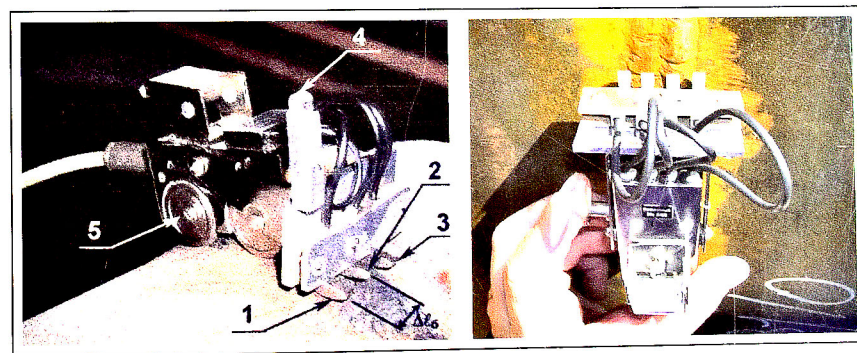
Texniki müayinə zamanı 1 və 3 saylı çeviriciləri qaynaq tikişinin hər iki tərəfi ilə termiki təsir zonasında, 2 çeviricisi isə qaynaq tikişinin mərkəzi oxu boyunca yerləşdirilir. Diaqnostika prosesində iki ferrozond arasındakı baza məsafə qaynaq tikişinin ölçüsünə uyğun quraşdırılır və ölçü işləri aparıldıqdan sonra cihazın yaddaşına yazılır. Bu baza məsafəsi müayinə olunan borunun divarının qalınlığından çox olmamalıdır.

Bu üsulla müayinə zamanı qaynaq tikişlərinin keyfiyyəti maqnit sahəsinin paylanması ( $H_p$ ) xarakteri və bu maqnit sahəsinin intensivlik əmsalının hər bir ölçmə kanalının uzunluğu boyu ( $l_k$ ), ( $K_{in}$ ), həmçinin kanallar arası məsafə boyu ( $l_b$ ) dəyişməsi ilə qiymətləndirilir ( $K_m^b$ ) [8]

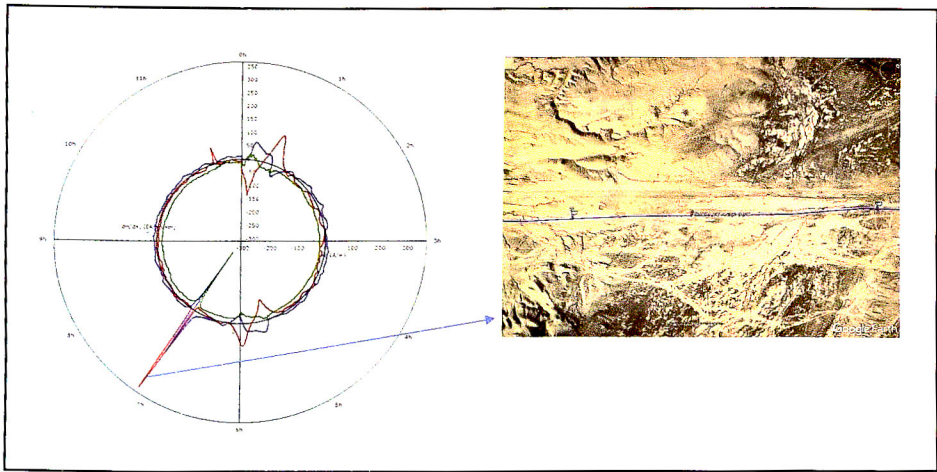
Müayinə zamanı alınan nəticələri avtomatik təhlil edən proqram vasitəsilə hər bir kanal üzrə  $K_{in}$  və  $K_m^b$  maksimal və orta qiymətləri müəyyən edilir.

Xüsusi "MMM System-4" kompüter proqramı vasitəsilə nəzarətin nəticələrinin təhlili metal və qaynaq tikişləri üçün eyni qaydada aparılır. Boru kəmərinə nəzarət zamanı alınan nəticələrə monitora baxarkən hər ölçmə kanalı üzrə maqnit sahəsinin və bu sahənin qradiyentinin xarakterik göstəricilərinin dəyişməsi ilə gərginlik konsentrasiya zonaları müəyyən olunur və  $K_{in}$ ,  $K_m^b$  qiymətlərinin maksimal hədləri cədvəl 1-də qeyd edilir.

GKZ-lərin maksimal həddində səthi çatları müəyyən etmək üçün maqnit tozlama (MT), səthdən aşağıdakı qatlarda olan çatları isə ultrasəs müayinə (UT) metodu ilə müayinə etmək mümkündür [9]. Əgər yüksək gərginlikli konsentrasiya



Şəkil 2. Borunun uc-uca qaynaq birləşməsinə TSC-9M-12 tipli cihazla nəzarət: 1-3 – maqnit sahəsini ( $H_p$ ) qeydə alan ferrozondlu çeviricilər; 4 – yerin maqnit sahəsini dəf etmək üçün ferrozondlu sayğac; 5 – uzunluq ölçmək üçün istifadə olunan təkör



Şəkil 3. Anomaliyanın maqnitogramı və peyk görüntüsü

zonalarında kəmərin divar qalınlığının minimal qiyməti buraxılabilən həddən az olarsa həmin hissələr dəyişdirilir. Aparılmış ölçmə və hesab işlərinin nəticələri akt şəklində tərtib olunur.

Yeraltı boru kəməri üzərində maqnit sahəsinin səpələnməsinə əsaslanaraq polad borularda gərginlik-deformasiya hallarının və gərginlik-konsentrasiyası ilə səciyyələnən hissələrin anomal dəyişməsi zonalarını müəyyənləşdirir. Anomaliyalar təhlükənin dərəcəsiəndən asılı olaraq üç qrupa bölünmüşdür.

I qrup – kəmərin il ərzində prioritet təmirlər üçün nəzərdə tutulan hissəsi. Belə hissələr GKZ-lərlə şərtlənən qeyri-homogen gərginlikli deformasiya vəziyyətinə malik olur – bir qayda olaraq çatlar və ya intensiv korroziya prosesi formasında olan və artan qüsurlar zonasıdır.

II qrup – qeyri-homogen gərginlikli deformasiya vəziyyətində olan borunun hissəsidir, burada gərginlik konsentrasiya zonaları mövcuddur və materialın korroziya-yorğunluq prosesi inkişaf edir, lakin birinci qrup anomaliyalarına daxil olmaq dərəcəsinə çatmamışdır. Belə hissələr plan üzrə nəzərdə tutulan təmir işləri üçün müəyyən edilməlidir.

III qrup – gərginlik-deformasiya vəziyyətli boru kəməri hissələridir. Belə hissələr mütəmadi olaraq monitorinqə cəlb olunmalı və texniki müa-

yinə edilməlidir.

**Metodun aprobeiası.** SOCAR-ın “Neft Kəmərləri” İdarəsinə məxsus diametri 530 mm-lik “Şimal-ixrac” Boru Kəmərinə (ŞİBK) TSC-9M-12 tipli cihazla kontaktlı müayinə zamanı qaynaq elementində aparılan nəzarətin nəticələri şəkil 3-də verilmişdir. Maqnitogramda  $H_p$  qeydə alınmış GKZ peyk görüntüsü vasitəsilə göstərilmişdir. Şəkilə qeyd edilən GKZ 1 – anomaliyanın coğrafi koordinatını, GKZ 2 – əlin vəziyyətinin dəyişməsi zamanı təkərlərin hərəkətində yaranan gecikməni əks etdirir.

“Şimal” İxrac yeraltı magistral neft kəmərinə aparılmış maqnitometrik diaqnostik işlər zamanı, onun 14-cü kilometrində maqnit anomaliyaları, gərginliyin səciyyəvi toplanma zonaları aşkarlanmışdır. Şurf açılmış anomaliyanın peyk vasitəsilə alınmış koordinatları cədvəl 2-də verilmişdir.

Yuxarıda verilənlərə əlavə olaraq qeyd edilməlidir ki, tədqiq edilən hissədə torpaq sarı gildən ibarətdir və borunun üzərində torpaq qatının qalınlığı 1.8 m-dir. Kəmər epoksid qatran örtüklə izolyasiya edilmişdir. Boruların qaynaq hissəsindəki izolyasiya qatı – poliken lentdir. Anomaliya müəyyən olan hissədə qaynaq növü – əl qaynağıdır və tikişin ətrafında intensiv korroziya halı müşahidə edilmişdir.

**Nəticə**

Cədvəl 2

Kəmə	Borunun standart ölçüsü, mm	Anomaliya mərkəzinin GPS koordinatı	Anomaliyanın nömrəsi	Anomaliya bölgüsü (qrup)
“Şimal-ixrac” boru kəməri	530	N40°17.9754' E49°26.4408	ŞİBK-067	Üçüncü

1. ŞİBK-067 anomaliyası olan hissədə açılmış şurfun uzunluğunda kəmər üzərində borunun izolyasiya qatını dağıtmadan skaner cihazı ilə yoxlanılaraq, zədələrin tapılması və onların üzərində ultrasəs defektoskopiya işləri aparılmışdır.

2. Aparılan “skan-analiz”-in nəticəsi kimi təmaslı yoxlama ilə gərginliyin xarakterik toplanma zonası aşkar edilmişdir.

3. Polad boru üzərində həlqəvi istiqamətdə ölçmələr aparılaraq faktiki en kəşik qalınlıqları təyin edilmişdir. Boru kəmərinin minimal faktiki qalınlığı üst sahəsində 7.76 mm, yan sahəsində – 7.55 mm, alt sahəsində isə 7.77 mm-dir.

4. Diametri 530 mm olan “Şimal İxrac” boru kəmərinin yeraltı hissəsində 14-cü km-də açılmış şurfda təhlükəlilik dərəcəsi III qrup anomaliya olduğundan, mövcud GKZ-lər olaraq qeyri-homogen gərginlikli deformasiya vəziyyətli boru kəməri hissələri hesab olunmasına baxmayaraq, bu hissədə boru kəməri istismara yararlı vəziyyətdədir.

5. MYM həqiqətən boru kəmərlərinin texniki diaqnostikası üçün yararlıdır və bu üsulun SOCAR-ın digər obyektlərində tətbiq edilməsi məqsəduyğundur.

**Ədəbiyyat siyahısı**

- Mirzəyev O.H. Neft-qaz mədəni avadanlıqlarının texniki diaqnostikasının əsasları. – Bakı, 2012, s. 71-76.
- Dubov A.A., Dubov A.A., Kolokolnikov S.M. Metod magnitnoy pamyati metalla i pribory kontrolya: ucheb. posobie. – M.: izdatelskiy dom “Spektr”, 201, 395 s.
- Vlasov V.T., Dubov A.A. Fizicheskaya teoriya protsessa “deformatsiya-razrushenie” // Termodinamika protsessa, ch. II. – M.: izdatelskiy dom “Spektr”, 2016, 228 s.
- Savenya S.H., Savenya A.A. Metody diaqnostiki stress-korroziyonnykh povrezhdeniy trubnykh staley // Vestnik VolgGASU, 2006, vyp. № 6 (20), s. 44-47.
- Vlasov V.T., Dubov A.A. Fizicheskie osnovy metoda magnitnoy pamyati metalla. – M.: ZAO “TISSO”, 2004, 424 s.
- RD 51-1-98 Metod operativnoy komp’yuternoy diaqnostiki lokalnykh oblastey gazoprovodov s ispol’zovaniem magnitnoy pamyati metalla. Moskva, 08.05.1998, 25 s.
- GOST 8731-74 Truby stalnyye beshshovnyye goryachedeformirovannyye. Tekhnicheskiye trebovaniya, Moskva, 01.01.1976, 45 s.
- GOST 20295-85 Truby stalnyye svarnyye dlya magistralnykh gazonefteprovodov, INK Izdatelstvo standartov. Moskva, 02.01.19856 39 s.
- ChuP 2.05.06-85 Magistralnyye truboprovody. Moskva, 2011, 46 s.

**References**

- Mirzəyev O.H. Neft-qaz mədəni avadanlıqlarının texniki diaqnostikasının əsasları. – Bakı, 2012, s. 71-76.
- Dubov A.A., Dubov A.A., Kolokolnikov S.M. Metod magnitnoy pamyati metalla i pribory kontrolya: ucheb/posobie. – M.: izdatel'skiy dom “Spektr”, 2012, 395 s.
- Vlasov V.T., Dubov A.A. Fizicheskaya teoriya protsessa “deformatsiya-razrushenie” // Termodinamika protsessa, chast' II. – M.: izdatel'skiy dom “Spektr”, 2016, 228 s.
- Savenya S.H., Savenya A.A. Metody diaqnostiki stress-korroziyonnykh povrezhdeniy trubnykh staley // Vestnik VolgGASU, 2006, vyp. No 6, (20), s. 44-47.
- Vlasov V.T., Dubov A.A. Fizicheskie osnovy metoda magnitnoy pamyati metalla. – M.: ZAO “TISSO”, 2004, 424 s.
- RD 51-1-98. Metod operativnoy komp'yuternoy diaqnostiki lokal'nykh oblastey gazoprovodov s ispol'zovaniem magnitnoy pamyati metalla. Moskva, 08.05.1998, 25 s.
- GOST 8731-74. Truby stal'nye beshshovnyye goryachedeformirovannyye. Tekhnicheskiye trebovaniya, Moskva, 01.01.1976, 45 s.
- GOST 20295-85. Truby stal'nye svarnyye dlya magistralnykh gazonefteprovodov, INK, Izdatel'stvo standartov. Moskva, 02.01.19856 39 s.
- SNiP 2.05.06-85. Magistral'nyye truboprovody. Moskva, 2011, 46 s.