

Some Issues to Increase the Operational Efficiency of Multiphase Flow of Subsea Pipelines

G.G. Ismayilov¹, M.E. Shahlarli², Sh.Z. Ismayilov³

¹ Azerbaijan State Oil and Industry University (Azadlıq ave. 20, Baku, AZ 1010, Azerbaijan)

² "Oil Gas Scientific Research Project" institute (H. Zardabi st. 88 a, Baku, AZ 1012, Azerbaijan)

³ N. Narimanov OGPD (Neftchiler ave. 73, Baku, AZ 0033, Azerbaijan)

For correspondence:

Shahlarli Mansur / e-mail: mansursahlarli1994@gmail.com

Abstract

The paper examines the problem in risers and in the case of multiphase flow due to the relief of the seabed, and shows the desirable and undesirable conditions in the curves rising from the seabed to the platform, ie in the elbow sections. The undesirable conditions that occur in the part of the pipe that rises to the platform, ie in the elbow sections of the vertical pipe, are shown mathematically. Due to the relief of the seabed, the accumulation of mechanical solids in the depressions of subsea pipelines between platforms and from the platform to the shoreline considering that it leads to the perforation of subsea pipelines and environmental pollution, in the latter part a technological scheme is proposed to prevent such cases. The technological scheme is simulated according to the results of laboratory analysis by Aspen HYSYS program and graphical dependences of various thermodynamic parameters were given.

Keywords: riser, platform, condensate, mechanical particles, separator.

DOI: 10.52171/2076-0515_2022_14_02_74_80

Received 17.10.2021

Revised 21.06.2022

Accepted 23.06.2022

For citation:

Ismayilov G.G., Shahlarli M.E., Ismayilov Sh.Z.

[Some issues to increase the operational efficiency of multiphase flow of subsea pipelines]

Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2022, vol. 14, no. 2, pp. 74-80 (in Azerbaijani)

Multifazalı sualtı boru kəmərlərinin istismar səmərəliliyinin artırılmasının bəzi məsələləri

Q.Q. İsmayilov¹, M.E. Şahlarlı², Ş.Z. İsmayilov³

¹ *Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti (Azadlıq pr. 20, Bakı, AZ 1010, Azərbaycan)*

² *“Neftqazelmütədqiqatlayihə” İnstitutu (Həsən bəy Zərdabi 88 a, Bakı, AZ 1012, Azərbaycan)*

³ *AzNEFT İB, N. Nərimanov NQÇİ (Neftçilər prospekti 73, Bakı, AZ 0033, Azərbaycan)*

Yazışma üçün:

Şahlarlı Mənsur / e-mail: mansursahlarli1994@gmail.com

Xülasə

Məqalədə dik borularda və dəniz dibinin relyefi ilə əlaqədar olaraq multifazalı axın zamanı yaranan problemlər araşdırılmış, dənizin dibindən stasionar özülə qalxan ayrıldə, yəni əyribucaqlılarda araşdırmalar nəticəsində arzuolunan və arzuolunmaz şərtlər göstərilmişdir. Borunun özü ilə qalxan hissəsində, yəni dik borunun dirsək hissələrində əmələ gələn arzuolunmaz halların riyazi təsviri verilmişdir. Dəniz dibinin relyefi ilə əlaqədar olaraq, özüllər arasındakı və sahilə gedən su altı boru kəmərlərinin çökək hissələrində mexaniki bərk hissəciklərin toplanması sualtı boru kəmərlərinin dəşilməsinə və ətraf mühitin çirklənməsinə səbəb olduğunu nəzərə alaraq, sonuncu hissədə isə həmin halların qarşısını almaq üçün texnoloji sxem təklif olunmuşdur. Aspen HYSYS proqramı vasitəsilə laboratoriya təhlili nəticələrinə uyğun texnoloji sxemin simulyasiyası aparılmış və müxtəlif termodinamik parametrlərin qrafiki asılılıqları verilmişdir.

Açar sözlər: dik boru, platforma, kondensat, mexaniki hissəciklər, separator.

DOI: 10.52171/2076-0515_2022_14_02_74_80

УДК: 542.73

О повышении эксплуатационной эффективности многофазных потоков подводных трубопроводов

Г.Г. Исмаилов¹, М.Э. Шахларлы², Ш.З. Исмаилов³

¹ *Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности (пр. Азадлыг 20, AZ1010, Баку, Азербайджан.)*

² *НИПИ Нефтегаз, (Г. Зардаби 88а. AZ1012, Баку, Азербайджан)*

³ *ПО АЗНЕФТЬ, Н. Нариманов НГДУ (проспект Нефтичляр 73, Баку, AZ 0033, Азербайджан)*

Для переписки:

Шахларлы Мансур / e-mail: mansursahlarli1994@gmail.com

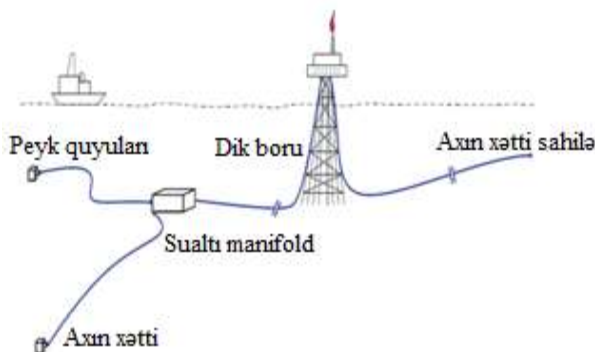
Аннотация

В статье первично исследованы проблемы, возникающие в мультифазном потоке, связанные с рельефом дна моря и в райзере, показаны желательные и нежелательные условия в коленях в местах подъёма трубопровода от дна на платформу. Рассмотрены нежелательные условия в местах подъёма трубопровода на платформу, т. е. в коленях райзера были показаны математически. Скопление твёрдых механических частиц в углублённых местах дна в подводных трубопроводах до берега или между платформами, связанное с рельефом морского дна, становится причиной прокалывания подводных трубопроводов и загрязнения окружающей среды. Для предотвращения таких случаев приведена технологическая схема, проведена симуляция данной схемы. С помощью программы Aspen HYSYS показаны графические зависимости различных термодинамических параметров, соответствующих результатам лабораторных анализов.

Ключевые слова: райзер, платформа, конденсат, механические частицы, сепаратор.

Giriş

Azərbaycan dəniz qaz-kondensat yataqlarından istehsal olunan qaz-kondensat qarışıqları (o cümlədən sulu, mexaniki hissəcikli) özüllərdə şaquli qravitasiya separatorlarında qaza və kondensata ayrılaraq müvafiq boru kəmərləri ilə nəql olunur. Qazın dəfələrlə separasiya olunmasına baxmayaraq, ölçüsü bir neçə mikrometr olan mexaniki bərk hissəciklər dibinə çökə bilmir və əksər hallarda qaz axını ilə aparılır. Nəticədə magistral qaz kəmərilə istehlakçıya verilən qazın tərkibində nəmlik və toz halında olan mexaniki bərk hissəciklərin miqdarı bəzi hallarda normadan xeyli artıq olur. Nəmliyin və mexaniki bərk hissəciklərin tutulması üçün kəmərin sonluğunda adətən süzgəcli separatorlar quraşdırılır və onların işinə daim nəzarət olunur. Nəticədə, gün ərzində separatorun süzgəci dəfələrlə təmizlənməyə və dəyişilməyə məruz qalır ki, bu da xeyli əmək sərfinə, vaxt itkisinə, separatorun işçi təzyiqində nominal həcmi qədər qazın atmosfərə atılmasına və beləliklə ətraf mühitin çirklənməsinə və karbohidrogenlərin itkisinə səbəb olur. Boru kəmərləri (və dik borular) neft yatağının qan damarlarıdır; dənizdəki karbohidrogen ehtiyatlarının istehsalında bir sıra məqsədlər üçün istifadə olunur (şəkil 1) [1].



Şəkil 1 – Sualtı boru kəmərləri və dik boru sistemləri
Figure1 – Submarine pipelines and riser systems

Bundan əlavə özüllər arası su altı boru kəmərlərində dəniz dibinin kələ-kötür relyefi ilə əlaqədar olaraq, boru kəmərlərinin çökək hissələrində və dik boruların dəniz dibindən özülə qalxan əyrilərində (dirsək hissələrində) multifazalı axın zamanı hər hansı bir texnoloji problem yaranarsa, mexaniki bərk hissəciklər dibə çökər və tıxaclar yarana bilər. Sadaladığımız hallar baş verərsə, sualtı boru kəmərlərinin eroziya və korroziyası nəticəsində istismar müddəti azalar və ya dəşilmələr nəticəsində, kəmərdə dəşilmələr və yarıqlardan sızmalar baş verir.

Xüsusilə də nəql olunan multifazalı axınların tərkibində CO_2 və H_2S kimi korroziyanın sürətinin artmasına şərait yaradan aqressiv komponentlərin maddələrin olması arzu olunmaz texnoloji risklərin baş vermə ehtimalını daha da artırır.

İşin məqsədi

Sualtı boru kəmərlərində və dik borularda multifazalı axın zamanı istismar səmərəliliyinin araşdırılması və aparılmış laboratoriya sınaqlarının nəticələrinə uyğun olaraq, mexaniki hissəciklərin tutulması üçün tətbiq olunan texnoloji sxemin Aspen HYSYS proqramı vasitəsilə hesablanması.

Məsələnin qoyuluşu

Aparılan müşahidə və tədqiqatlar nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki “Günəşli” yatağında quyulardan çıxarılan hər litr mayenin tərkibində 0,01-0,4 mm ölçülərdə 0,5-4 q mexaniki qarışıqlar olur. Həmin mexaniki hissəciklərin boru kəmərlərində çökməsi nəticəsində avadanlıqların çirklənməsi, onların istismar müddəti və istismar məhsuldarlığının azalması baş verir və əlavə xərclər yaranır.

Məlumdur ki, ümumiyyətlə ballastların – su, mexaniki qarışıqlar və duzlarının miq-

darına görə xam neftlərin tərkibi müxtəlifdir. Bir çox hallarda neftlərin qarışması zamanı asfalt, parafin və qatranlarla yanaşı qeyd olunan ballastların da çökməsi baş verir [2].

Multifazlı quyu məhsullarının meydançalar arası və sahilə nəqli zamanı boru kəmərlərinin kələ-kötürlü relyefli dəniz dibinin çökək yerlərində, eləcə də dənizin dibindən özülə qalxan hissəsində su, parafinlər, mexaniki qarışıqlar və duz birləşmələri yığılır ki, bu da boru kəmərinin işçi en kəsiyinin azalmasına və nəticədə yığılan birləşmələrin mexaniki və kimyəvi təsirindən eroziya-korroziyaya uğramasına səbəb olur.

Klapanlar, çənlər, tutumlar, separatorlar və sairə kimi mexaniki statik avadanlıqlar fərqli növ bir korroziyaya qarşı həssasdır, ancaq boruxətləri multifazlı axında içindəki CO₂, H₂S, H₂O, bakteriya, qum və sairə varlığından dolayı korroziyaya daha meyillidir [3]. Nəticədə materialın degradasiyası güc, elastiklik, zərbə gücü və sair kimi mexaniki xüsusiyyətlərin itirilməsinə səbəb olur [4]. Bu, material itkisinə, qalınlığın azalmasına və bəzən son uğursuzluğa səbəb olur [4].

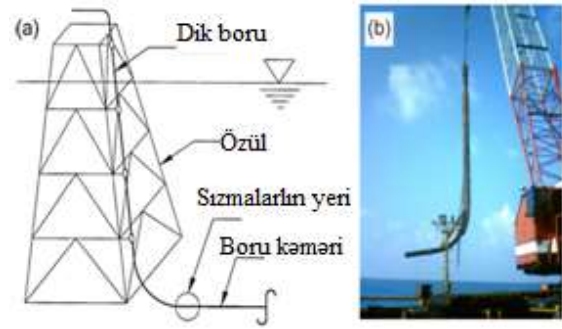
Müşahidələr nəticəsində neft üfüqi boru kəmərinin dibində, məhsul dirsəyə daxil olmadan bəzi neft sızıntılarının olduğu müəyyən edilmişdir (şək. 2) [5].

Problemin riyazi ifadəsi

Dik boruda təzyiqin riyazi olaraq ifadəsi aşağıdakı şəkil 3-ə əsasən belədir [6]:

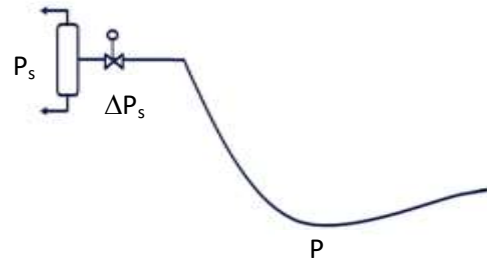
$$P = \Delta P_h + \Delta P_s + \Delta P_a + \Delta P_k + \Delta P_s \quad (1)$$

ΔP_h - hidrostatik təzyiq; ΔP_s - sürtünmə təzyiqi; ΔP_a - təcil nəticəsində yaranan təzyiq; ΔP_k - klapanlarda təzyiq düşküsi; ΔP_s - separatorun təzyiqi.



Şəkil 2 – a) sualtı boru kəməri dik boru konfigurasiyasının sxematik diaqramı, (b) qəzaya uğramış sualtı boru kəmərinin görünüşü

Figure 2 – a) Schematic diagram of the subsea pipeline riser configuration, (b) view of the failed subsea pipeline



Şəkil 3 – Boru kəməri-dik boru konfigurasiyası
Figure 3 – Pipeline-rise configuration

Dik boudakı təzyiqin qazın sərfiyyatına olan həssaslığı aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər [6].

$$\frac{dP}{dQ} = \frac{d\Delta P_h}{dQ} + \frac{d\Delta P_s}{dQ} + \frac{d\Delta P_a}{dQ} + \frac{d\Delta P_k}{dQ} + \frac{dP_s}{dQ} \quad (2)$$

Stabil vəziyyətdə:

$$\frac{dP}{dQ} > 0 \quad (3)$$

Qeyri-stabil vəziyyətdə:

$$\frac{dP}{dQ} < 0 \quad (4)$$

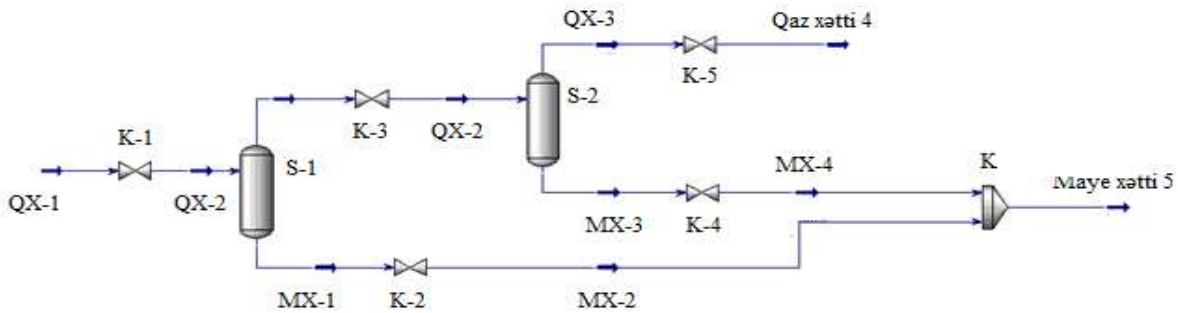
Texnoloji sxemin izahı

Qaz-kondensat quyularından çıxan məhsul ilkin separator (S-1) qurğusuna verilərək qaza və kondensata ayrılır. Separatorda qazdan kondensatın daha yaxşı ayrılması üçün onun maye və qaz çıxışlarında tənzimləyici

klapanlar, gövdəsində isə çıxış kamerası quraşdırılmışdır.

Çıxış kamerası içərisində nəzarət ölçü cihazı olaraq üzgəc quraşdırılır, onun vasitəsilə separator daxilində maye səviyyəsi təyin edilir. Maye çıxışındakı tənzimləyici klapan vasitəsilə separatorun daxilində maye səviyyəsi sabit saxlanılır. Belə ki, separatorda ayrılan kondensat və mexaniki qarışıq hissəcikləri drenaj çıxışından bilavasitə maye xəttinə vurulur. Separatorun dibində mexaniki hissəciklərin yığılmasının qarşısı alınır. Nəticədə qaz mexaniki hissəcik və qarışıqlardan ayrılır. La-

kin, ikinci SDÖ-yə gedən xəttə müəyyən miqdarda mexaniki hissəciklər ərsin buraxma kamerası ilə gətirilir, ona görə də istehlakçıya verilən qazın tam təmizlənməsi üçün yenidən separatora verilir. Burada qaz mexaniki qarışıq və kondensatdan tam ayrılır. Qaz birbaşa nəql xəttinə verilir (şəkil 4). QX - uyğun olaraq 1, 2, 3, 4-cü qaz xəttləridir; MX - uyğun olaraq 1, 2, 3, 4, 5-ci maye xəttləridir; K - uyğun olaraq 1, 2, 3, 4, 5 – klapanlardır; S-1, S-2 – uyğun olaraq birinci və ikinci özüllərdəki separatorlardır; K – kollektordur.



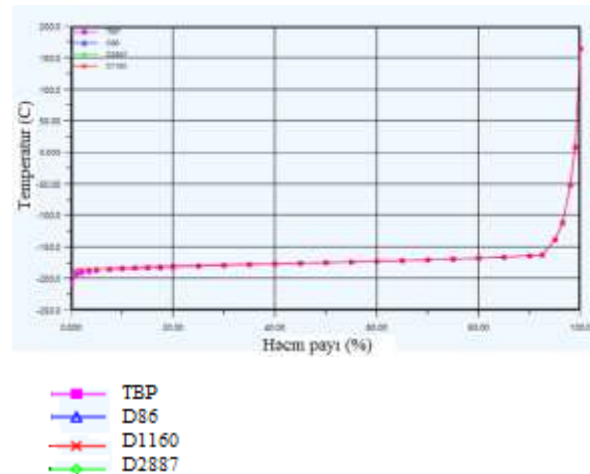
Səkil 4 – Texnoloji sxemin Aspen HYSYS proqramında qurulması

Figure 4 – Creation of the technological scheme in the Aspen HYSYS software

Aspen HYSYS proqramında texnoloji sxemin qurulması və laboratoriya analizlərinin nəticələrinə əsasən simulyasiyanın aparılması və termodinamiki parametrlərin qrafiki asılılıqlarının alınması.

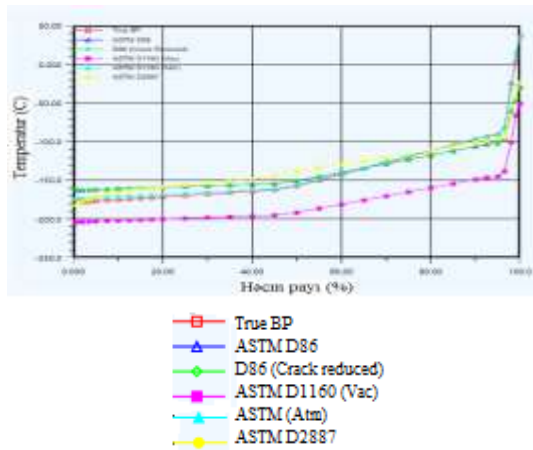
Göstərilən texnoloji sxemin Aspen HYSYS proqramında hesabatını aparmaq üçün aşağıdakı laboratoriya analizlərinin nəticələrinə uyğun maddələrin təzyiq, temperatur, sərfiyyatı və mol fraksiyaları, uyğun olaraq cədvəl 1 və 2-də verilmişdir.

Nəticələrin qrafiki simulyasiyalarının qaz xətti 4 üçün təyini və termodinamiki parametrlərin qrafiki asılılıqları aşağıda (şəkil 5, 6, 7) göstərilmişdir.



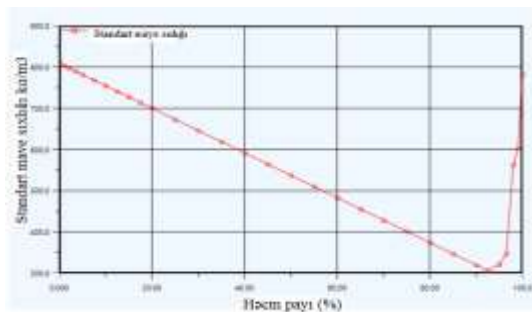
Şəkil 5 – Qaz xətti 4 üçün temperaturun həcmdən payından asılılığı (%-lə)

Figure 5 – Temperature & Volume percent for gas line 4 (%)



Səkil 6 – Qaz xətti 4 üçün temperaturun həcm payından asılılığı (%-lə)

Figure 6 – Temperature & Volume percent relationship for gas line 4



Səkil 7 – Qaz xətti 4 üçün standart maye sıxlığının həcm payından asılılığı (%-lə)

Figure 7 – Standart liquid density & Volume percent (%)

Nəticə

Aparılmış tədqiqatlar nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, dik borularda hər hansı bir arzuolunmaz hal baş verərsə, məhsulun tərkibindəki mexaniki bərk hissəciklər sualtı boru kəmərinin dibinə çökür və nəticədə boru kəmərinin daralmasına və deşilməsinə səbəb olur. Nəticədə, yaranan deşiklərdən sızmalar baş verir və ətraf mühitin çirklənməsinə səbəb olur.

Drenaj xəttinin nəql xəttinə birləşdirilməsi nəticəsində mexaniki bərk hissəciklərin separatorun dibində çöküb qalmasının qarşısı alınmışdır. Bunun nəticəsində separatorun tez sıradan çıxmasının qarşısı alınır və istismar müddəti uzanır.

Qazın mexaniki hissəciklər və kondensatdan tam təmizlənməsi üçün yenidən ikinci SDÖ-yə göndərilir, burada istehlakçıya verilən qaz mexaniki bərk və maye hissəciklərindən tam ayrılır.

İlkin verilənlər proqram vasitəsilə hesablanmış və qazın təmizlənməsinə verilən texnoloji sxem vasitəsilə tam nail olunması göstərilmişdir. İlkin verilən parametrlərə uyğun olaraq qrafiki simulyasiyalar göstərilmişdir.

Cədvəl 1 – Temperatur, təzyiq və sərfiyyatın hesabı üçün qaz xətti 1-ə daxil edilməsi

Table 1 – Inclusion of temperature, pressure and molar flow to gas line 1 for calculation

Axının adı	Qaz xətti 1	Buxar fazası	Maye fazası
Buxar/faza fraksiyası	0.9905	0.9905	0.0095
Tempratur (C)	32.10	32.10	32.10
Təzyiq (atm)	40	40	40
Molyar sərfiyyat (kq mol/saat)	2567	2543	24.46
Kütlə sərfiyyatı (ton/gün)	1105	1047	58.04
Standart ideal maye həcmi (m ³ /saat)	142.9	139.5	3.463
Molyar entalpiya (kC/kq mol)	-7.776e+0.004	-7.636e+0.004	-2.233e+0.005
Molyar entropiya (kC/mol C)	153.7	153.7	159.6
İstilik axını (kC/saat)	-1.996e+0.008	-1.941e+0.008	-5.464e+0.006
Maye həcmi standart şəraitdə (m ³ /gün)	1.452e+0.006	1.439e+0.006	81.45

Cədvəl 2 – Maddələrin mol fraksiyalarının hesabat üçün proqrama daxil edilməsi
Table 2 – Inclusion of mole fractions of substances to the program for reporting

Maddələr	Mol fraksiyaları	Buxar fazası	Qaz fazası
Azot	0.0078	0.0079	0.0005
Karbon dioksid	0.0015	0.0015	0.0006
Hidrogen sulfid	0.0000	0.0000	0.0000
Metan	0.9470	0.9545	0.1661
Etan	0.0212	0.0212	0.0165
Propan	0.0065	0.0064	0.0150
i-butan	0.0015	0.0014	0.0075
n-butan	0.0026	0.0025	0.0173
i-pentan	0.0012	0.0011	0.0163
n-pentan	0.0010	0.0008	0.0169
n-heksan	0.0015	0.0010	0.0542
n-heptan	0.0023	0.0010	0.1399
n-oktan	0.0020	0.0004	0.1643
n-nonan	0.0007	0.0001	0.0661
H ₂ O	0.0000	0.0000	0.0000
C10+qaz-1*	0.0032	0.0002	0.3188

REFERENCES

1. **Esmail Jahanshahi.** Control Solutions for Multiphase Flow Linear and nonlinear approaches to anti-slug control, Trondheim, October 2013. *(in English)*
2. **Ismayilov G.G., Adigozalova M.B., Ismayilova F.B., Zeynalova G.A.** Study of the effect of ballast on the macroscopic parameters of oil mixtures // *Herald of Azerbaijan Engineering Academy*, vol. 12, №1, 2020. *(in English)*
3. **Chinedu I. Ossai.** Advances in Asset Management Techniques: An Overview of Corrosion Mechanisms and Mitigation Strategies for Oil and Gas Pipelines, Vol. 2012. ArticleID 570143. <https://doi.org/10.5402/2012/570143> *(in English)*
4. **Lekan Taofeek Popoola, Alhaji Shehu Grema, Ganiyu Kayode Latinwo, Babagana Gutti & Adebore Saheed Balogun.** Corrosion problems during oil and gas production and its mitigation, Published: 27 September 2013. *(in English)*
5. **Ilman M.N., Kusmono.** Analysis of internal corrosion in subsea oil pipeline, 2013 *(in English)*
6. **Adegboyega Bolu Ehinmowo, Yi Cao.** Stability analysis of slug flow control, Published online: 31 Jul. 2016. *(in English)*