

OVERVIEW OF METHODS OF TRANSPORTING HIGH VISCOSITY OIL THROUGH PIPELINES

Sahib Abdurahimov¹, Haji Guliyev²

^{1,2}Azerbaijan State Oil and Industry University

^{1,2}Department of Oil, Gas Transportation and Storage

¹PhD in Tech. Sc., Associate Professor, sahib-mathematic@rambler.ru

²Master student, haciguliyev020@gmail.com

ABSTRACT

The reserves of high-viscosity oils in the world are estimated at 700 billion tons, which is comparable to the world reserves of conventional oil. Since high-viscosity oil will be the main raw material for the next 50-70 years, great attention is currently being paid to the development of high-viscosity oil fields and their application in industrial processing. The operating costs associated with the transportation of traditional light oil are several times lower than those associated with high-viscosity oil, which negatively affects the profitability of enterprises, including when transporting products over long distances through pipelines. All existing methods that allow regulating transport processes are directly determined by rheological properties. It should be noted that changing the rheological properties in the process of transporting high-viscosity oils is the most promising direction in terms of covering all technologies related to the oil and gas sector of the economy. To solve these difficulties and, above all, to improve the transportation of high-viscosity oils, chemical reagents are actively used today that prevent the formation of paraffin crystals in oil, lower the freezing point and generally improve the rheological parameters of the raw material. For the transportation of high-viscosity oil by pipelines, a combination of two or more methods will be more effective. Methods of ensuring flow without chemical additives are now becoming popular. When annular flow is used for the transportation of heavy oil by pipeline, even relatively short-term interruptions in operation can lead to the separation of the flow into two phases. Methods of ensuring transportation with low operating and capital costs have recently attracted increasing interest. In the future, electric heating and ultrasonic methods will become popular for pipeline transportation.

Keywords: viscosity adjustment, high viscosity oils, freezing point lowering, thermal cracking, fluidity enhancement.

YÜKSƏK ÖZLÜLÜKLÜ NEFTİN BORU KƏMƏRLƏRİ İLƏ NƏQLİ ÜSULLARININ İCMALI

Sahib Abdurahimov¹, Hacı Quliyev²

^{1,2} Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti

^{1,2} "Neftin, qazın nəqli və saxlanması" kafedrası

¹T.ü.f.d, dosent, sahib-mathematic@rambler.ru

²Magistr tələbəsi, haciguliyev020@gmail.com

XÜLASƏ

Dünyada yüksək özlülüklü neftlərin ehtiyatları 700 milyard ton qiymətləndirilir ki, bu da adi neftin dünya ehtiyatları ilə müqayisə oluna bilər. Yüksək özlülüklü neft yaxın 50-70 il ərzində əsas xammal olacağından, hazırda yüksək özlülüklü neft yataqlarının işlənməsinə və sənaye işlənməsinə tətbiqinə böyük diqqət yetirilir. Ənənəvi yüngül neftin nəqli ilə bağlı istismar xərcləri yüksək özlülüklü neftlə





bağlı xərclərdən bir neçə dəfə aşağıdır ki, bu da müəssisələrin rentabelliyyə, o cümlədən məhsulların boru kəmərləri ilə uzun məsafələrə nəqli zamanı mənfəətə təsir göstərir. Nəqliyyat proseslərini tənzimləməyə imkan verən bütün mövcud üsullar birbaşa reoloji xüsusiyyətlərlə müəyyən edilir. Qeyd edək ki, yüksək özlüklü neftlərin nəqli prosesində reoloji xassələrin dəyişdirilməsi iqtisadiyyatın neft-qaz sektoru ilə bağlı bütün texnologiyaların əhatə olunması ilə əlaqədar ən perspektivli istiqamətdir. Bu çətinlikləri həll etmək və hər şeydən əvvəl yüksək özlülüklü neftlərin nəqlini yaxşılaşdırmaq üçün bu gün neftdə parafin kristallarının əmələ gəlməsinin qarşısını alan, donma nöqtəsini azaldan və ümumiyyətlə xammalın reoloji parametrlərini yaxşılaşdıran kimyəvi reagentlərdən fəal şəkildə istifadə olunur. Boru kəmərləri ilə yüksək özlülüklü neftin nəqli üçün iki və ya daha çox metodun birləşməsi daha effektiv olacaqdır. Kimyəvi əlavələr olmadan axını təmin etmək üsulları indi populyarlaşır. Ağır neftin boru kəməri ilə nəqli üçün həlqəvi axın istifadə edildikdə, hətta nisbətən qısa müddət ərzində istismarda fasilələr axının iki fazaya ayrılmasına səbəb ola bilər. Nəqliyyatın aşağı əməliyyat və kapital xərcləri ilə təmin edilməsi üsulları son vaxtlar artan maraq doğurur. Gələcəkdə elektrik isitmə və ultrasəs üsulları boru kəmərinin daşınması üçün populyarlaşacaq.

Açar sözlər: özlülüyn tənzimlənməsi, yüksək özlülüklü neftlər, donma nöqtəsinin azaldılması, termal krekinq, axıcılıqın artırılması

Giriş

Hökumətlərarası OPEC təşkilatının proqnozlarına görə, enerji resurslarına tələbat ildən-ilə artacaq. Xam neftə qlobal tələbat son onilliklərdə gündəlik 86 milyondan 94 milyon barrele yüksəlib. Ənənəvi enerji ehtiyatlarının tükənməsi kontekstində özlü və yüksək özlüklü neftlər qlobal iqtisadiyyatda getdikcə daha çox əhəmiyyət kəsb edir. Onların ehtiyatları dünyadakı yüngül neft ehtiyatlarından iki dəfə çoxdur.

Dünyada neft hasilatının perspektivlərini dəyərləndirərkən deyə bilərik ki, ucuz və asan hasil olunan neft erası arxada qalıb. Dünyada yüksək özlülüklü neftlərin ehtiyatları 700 milyard ton qiymətləndirilir ki, bu da adi neftin dünya ehtiyatları ilə müqayisə oluna bilər. Yüksək özlülüklü neft yaxın 50-70 il ərzində əsas xammal olacağından, hazırda yüksək özlülüklü neft yataqlarının işlənməsinə və sənaye işlənməsinə tətbiqinə böyük diqqət yetirilir.

Məqsəd

Belə neftlər yüksək sıxlıq və özlülük ilə xarakterizə olunur. Bu baxımdan onların boru kəmərləri ilə daşınması prosesi çox enerji tələb edir. Bütün bunlar “çıxarma-nəqliyyat-saxlama-əməl” zəncirini təşkil edən istehsal proseslərini əhəmiyyətli dərəcədə çətinləşdirir və proseslərdə iştirak edən enerjitutumlu avadanlıqların enerji sərfiyyatını azaltmaq üçün yeni ucuz üsul və vasitələrin axtarışını tələb edir.

Ənənəvi yüngül neftin nəqli ilə bağlı istismar xərcləri yüksək özlülüklü neftlə bağlı xərclərdən bir neçə dəfə aşağıdır ki, bu da müəssisələrin rentabelliyyə, o cümlədən məhsulların boru kəmərləri ilə uzun məsafələrə nəqli zamanı mənfəətə təsir göstərir.

Nəqliyyat proseslərini tənzimləməyə imkan verən bütün mövcud üsullar birbaşa reoloji xüsusiyyətlərlə müəyyən edilir. Qeyd edək ki, yüksək özlüklü neftlərin nəqli prosesində reoloji xassələrin dəyişdirilməsi iqtisadiyyatın neft-qaz sektoru ilə bağlı bütün texnologiyaların əhatə olunması ilə əlaqədar ən perspektivli istiqamətdir.

Yüksək özlüklü neftin nəql edilməsi müəyyən çətinliklərlə üzləşir, çünki neft bərkidikdə neft və neft məhsullarının sonrakı axınının qarşısını alaraq boru kəmərinə “tıxac” əmələ gətirir.

Bu çətinlikləri həll etmək və hər şeydən əvvəl yüksək özlülüklü neftlərin nəqlini yaxşılaşdırmaq üçün bu gün neftdə parafin kristallarının əmələ gəlməsinin qarşısını alan, donma nöqtəsini azaldan və ümumiyyətlə xammalın reoloji parametrlərini yaxşılaşdıran kimyəvi reagentlərdən fəal şəkildə istifadə olunur. Nəticə: boru kəmərinə təzyiq itkiləri əhəmiyyətli dərəcədə azalır və neftin nəqli üçün enerji xərcləri azalır.





Bir çox ölkələr yüksək özlü və parafin tərkibli neftlərin daşınması məsələsi ilə məşğuldur. Bu gün neftin axıcılığını artırmağın əsas üsulları bunlardır:

1. Özlü neftlərin az özlülüklülərlə qarışdırılması və bir-birinə vurulması.
2. Su ilə qarışdırmaq və vurmaq.
3. Özlü neftlərin istilik müalicəsi və sonradan vurulması.
4. Əvvəlcədən qızdırılan neftlərin vurulması.
5. Neftə depressiv əlavələrin əlavə edilməsi.

Metodlar

Neftləri qarışdırmaqla vurulması. Özlü neftlərin reoloji parametrlərini (özlülük, donma nöqtəsi, sürüşmə gərginliyi) yaxşılaşdırmağın yollarından biri onları seyrelticilərlə qarışdırmaqdır. Benzinlər, kerosinlər, kondensatlar və aşağı özlülüklü yağlar seyreltici kimi xidmət edə bilər.

Tələb olunan mayenin miqdarı, nisbətləri və həlledicinin seçimi laboratoriya sınaqları vasitəsilə hər bir neft növü üçün müəyyən edilir. Bəzi hallarda 70%-ə qədərindən istifadə etmək lazımdır. Respublikamızın ərazisində kondensat, kerosin və benzinlə qatılma aparılmır.

Neftin su ilə vurulması. Neftin su ilə daşınması üçün bir neçə variant var:

1) Neft və su boru kəmərinə vurulur. Daxili səthdəki borular, maye axınına fırlanma təmin edən bir spiral çentikə malikdir. Mərkəzdənqaçma qüvvəsi suyu borunun divarlarına doğru atır və neft məhsulu su halqasının içərisində hərəkət edir. Son mərhələdə neftin ayrılması istənilən rahat üsulla həyata keçirilir - çamur, kimyəvi üsul və s. Bu üsulun az yayılmasının əsas səbəbi borunun daxili səthi üçün spiral iplərin istehsalının çətinliyidir.

2) "Suda yağ" tipli qarışığın əmələ gəlməsi. Bu halda, neftin borunun daxili səthi ilə təması yoxdur, çünki neft hissəcikləri su halqası ilə əhatə olunmuşdur. Bir su halqası görünür, içərisində yağ-su qarışığı sürüşür və nasos zamanı sürtünmə xərcləri azalır.

Nasos sürətinin və temperaturun kəskin azalması ilə qarışıq "yağda su" növünə çevrilə bilər. Belə bir qarışıq özündən çox daha böyük bir özlülüynə sahib olacaqdır. Suda neft emulsiyasının sabitliyinə bir çox amillər təsir edir. Araşdırmalar nəticəsində məlum olub ki, suyun minimum miqdarı daşınan mayenin ümumi miqdarının 30 faizini təşkil etməlidir. Bu üsul İndoneziyada istifadə olunur.

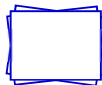
İstilik müalicəsi - reoloji parametrləri dəyişdirmək üçün ın qızdırılması. Əsas odur ki, neft müəyyən bir temperatura qədər qızdırılır, sonra müəyyən bir sürətlə soyuyur. İstilik temperaturu və soyutma dərəcəsi hər bir neft növü üçün ayrıca seçilir. Nəticədə, özlülük və qızdırılma nöqtəsi kəskin şəkildə azalır. Tələb olunan parametrlər əhəmiyyətli bir müddət saxlanılırsa (bəzi yağlar öz xüsusiyyətlərini 3 gün, digərləri 20 gün saxlayır), onda bu üsuldan istifadə etməklə nasos həyata keçirilə bilər.

Əvvəlcədən isidilmiş yağların vurulması. Bu üsul ən universaldır. Bu halda, neft əsas neft nasos stansiyasında qızdırılır, sonra hər 25-100 km-dən bir bütün marşrut boyunca aralıq istilik stansiyaları quraşdırılır. Bütün dünyada istismarda olan 60-dan çox magistral boru kəməri vasitəsilə qızdırılan neft vurulur.

Əlavələrlə neftlərin vurulması. Neftdə həll olunan əlavələrin istifadəsi ölkəmizdə geniş yayılmış üsuldur. Aşqar molekulları parafin kristallarının səthində adsorbsiya edilir, onların böyüməsinə mane olur. Çox sayda kiçik kristal və yüksək dərəcədə dispersiya ilə parafin süspansiyonu görünür. Aşqarlar əlavə edildikdə, neft əvvəlcə parafin tamamilə həll olunana qədər qızdırılır, bundan sonra aralıq stansiyalarda nefti qızdırmağa ehtiyac yoxdur.

Neftin özlülüynü azaldan texnologiyalar arasında neft dispers sistemlərinə (NDS) təsirin fiziki üsulları getdikcə daha çox əhəmiyyət kəsb edir ki, onun xarakterik xüsusiyyəti onların hamısının qeyri-maddələrdən "işləyici" kimi istifadə etməsidir (istilik, isti su, buxar, qaz, kimyəvi reagentlər, aşqarlar və s.) və müxtəlif təbiətli fiziki sahələr. Ən təsirli olanlardan biri ultrasəs (ABS) sahəsinin təsiri idi.

Məlum olduğu kimi, ƏDV-də supra-molekulyar strukturlar yüksək özlülük və qızdırma nöqtəsinə, həmçinin yüksək özlülüklü neftlərdə əhəmiyyətli miqdarda parafinin əmələ gəlməsinə səbəb olur. Akustik məruz qalma nəticəsində supramolekulyar bağlar məhv edilir və SSS-nin reoloji





xüsusiyyətləri əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşır. Neft və neft məhsullarında dispers vəziyyətdə olan yüksək molekululu n-alkanlar (parafinlər) sonokimyəvi təsir altında dağılır ki, bu da onların boru kəmərinin divarlarında çökmə sürətini azaldır və müvafiq olaraq, səmərəliliyi artırır. xammalın vurulması. Bununla birlikdə, akustik yükü götürdükdən sonra, bir neçə saat ərzində özlülük-temperatur parametrlərinin rahatlaması müşahidə olunur. Təmizlənmiş SSS-nin struktur-mexaniki xarakteristikalarının sabitləşməsinə yalnız emal prosesi zamanı yağın tərkibinə depressant əlavələrin daxil edilməsi ilə nail olmaq olar ki, bu da əlavə xərc tələb edir.

Ultrasəsdən istifadə olunan neftin nəqli proseslərinin intensivləşdirilməsi üçün kompleks yanaşma təklif olunur. Bütün bunlar texnoloji məhsulun keyfiyyətini təmin etməklə yanaşı, onlara ekoloji cəhətdən təmiz hala gətirməyə imkan verir. Перспективне результату получену при комбинированном объекте ультразвуком и различными химическими реагентами (нефтяной реагент R-12, IXN-100, метанол и др.) при времени ультразвуковой обработки в 1 гострогитательные обработки времени времени dos, dos, dos, ассоциатов в нефти.

Ultrasəsdən istifadə olunan neftin nəqli proseslərinin intensivləşdirilməsi üçün kompleks yanaşma təklif olunur. Bütün bunlar texnoloji məhsulun keyfiyyətini təmin etməklə yanaşı, onlara ekoloji cəhətdən təmiz hala gətirməyə imkan verir.

Ultrasəs təsirindən sonra yağın özlülüyündə dəyişikliklərin təxmini hesablanması

Ultrasonik təsirdən sonra neftin özlülüyünün dəyişməsinin qiymətləndirilməsi Jurkovun düsturuna əsasən aparıldı:

$$\tau_p = \tau_0 \exp \left\{ \frac{E_0 - \gamma(\sigma_c + \sigma_u)}{kT} \right\}, \quad (1)$$

burada: τ_p - molekullarası rabitələrin qırılma vaxtı, s; τ_0 - materialın xassələri ilə müəyyən edilən sabit (rəqslər müddəti 10^{-11} - 10^{-13}), s; E_0 - bağların aktivləşmə (qırılma) enerjisi, kJ/mol; σ_c - seçilmiş istiqamətdə statik gərginlik, MPa; u eyni istiqamətdə ultrasəs təsirindən yaranan gərginlikdir, MPa; σ_u - bir bağ üzrə orta gərginliyin ötürülmə dərəcəsini xarakterizə edən struktur parametrləri, kJ/(mol MPa); k - Boltzman sabiti, kJ/K; T - mütləq temperatur, K.

Müəyyən bir v sürəti olan mayenin sərbəst hərəkəti halında molekulyar fizikanın konsepsiyalarına əsaslanaraq, assosiasiyaların radius r və kütləsi m olan bərk elastik toplar olduğunu nəzərə alaraq, ultrasəs müalicəsindən sonra özlülük əmsalının η dəyərini müəyyən etmək olar:

$$\eta = \frac{\rho m v}{9\sqrt{2}} \quad r = \eta_0 \frac{r}{r_0} \quad (2)$$

urada η_0 və r_0 özlülük əmsalının dəyərləri və ultrasəs müalicəsindən əvvəl birləşmələrin radiusudur. Neftdəki birləşmələrin məhv edilməsi üçün birləşmiş ultrasəs müalicəsinin minimum tələb olunan vaxtını hesablamaq üçün bir ifadə də əldə edilmişdir:

$$\tau_p = 3 \frac{E_D}{M m_p N_a \omega} \sqrt[3]{\frac{\rho}{c q}} \quad (3)$$

burada E_D kimyəvi bağ enerjisidir, kJ/mol; M - molekulyar çəki, m_p - proton kütləsi, kq; N_a —Avoqadro ədədi, 1/mol; ρ - neftin sıxlığı, kq/m³; q - akustik enerji axınının sıxlığı, Vt/m²; s - səsin sürəti, m/s; - tezlik, kHz.

Ultrasəs və reagentlərin kompleks təsiri akustik axınlar sayəsində reagentləri assosiativlərin və misellərin məhv olduğu əraziyə çatdırmağa, məhv edilmiş birləşmələrin yığılmasının qarşısını alan bir zireh qabığı yaratmağa imkan verir.

Texnologiyanın üstünlükləri:

-az enerji sərfiyyatı, az material sərfiyyatı və ümumi ölçüləri ilə qeyri-adi yüksək məhsuldarlığı təmin etməyə qadirdir;

-qurğular asanlıqla mövcud texnoloji xətlərə tikilir və xüsusi təməllər olmadan saytda quraşdırılır;



- bu inkişafın həyata keçirilməsinin iqtisadi effekti yüksək axma nöqtəsi olan yağların aşağı temperaturda daşınması və enerji xərclərinin azaldılması imkanı ilə bağlı olacaq;

Texnologiyanın mənfi cəhətləri:

- ultrasəs xüsusiyyətlərini, xüsusən də kavitasiya intensivliyini tənzimləyə bilməməsi;

- işçi səthlərin intensiv kavitasiya aşınması.

Hidrodinamik kavitasiya təsirinin yüksək özlülüklü neftlərin özlülüyünü azaltmaq və nəqliyyat səmərəliliyini artırmaq üsulu kimi, Termal isitmə, əlaqəli neft qızdırıcıları tərəfindən həyata keçirilən ən çox yayılmış və eyni zamanda ən bahalı emal üsuludur. Ən çox yayılmış neft qızdırıcısı PTB-10A blok boru sobasıdır, Cədvəl 1-də təqdim olunan aşağıdakı xüsusiyyətlərə malikdir.

Yerli və xarici alimlərin fikrincə, ən perspektivli üsul hidrodinamik kavitasiya təsiridir ki, bu da öz səmərəliliyi, qənaətcilliyi və neftin reoloji xassələrini (struktur özlülük, axıcılıq nöqtəsi və s.) dəyişdirmək üçün maddənin daxili ehtiyatlarından istifadə etmək qabiliyyəti ilə xarakterizə olunur.

Cədvəl 1. Boru bloku sobasının xüsusiyyətləri

Parametr	Ölçü vahidi
Məhsula görə məhsuldarlıq	900 m ³ /saat
Yanacaq gücü	4,2 GJ/saat
Soba çıxışında neftin temperaturu	70 °C
İstehlak olunan yanacaq	Təbii qaz
FİƏ, %	71

Kavitasiya fenomeni mayenin təzyiqi və doymuş buxar təzyiqinə yaxınlaşdıqda baş verir və bol buxarlanma və maye axınında buxar-qaz qarışığının daha da kondensasiyası ilə xarakterizə olunur. Çökmə temperatur və təzyiqdə kəskin dəyişikliklərlə müşayiət olunur və yüksək enerji sıxlığına malik dalğanın yayılması yaxınlıqdakı karbon zəncirlərinin və molekulyar birləşmələrin məhvində kömək edir.

Kavitasiyanın baş verməsi üçün tələb olunan modulda minimum neft axını sürəti düsturla müəyyən edilir:

$$v_{kav} = \frac{64 \cdot P_{doy}}{g \cdot P_{kr}} \left(\frac{29 \cdot \rho \cdot g}{P_{doy}} \right)^{1,9} \quad (4)$$

P_{kr} – kritik kavitasiya təzyiqi (Pa), P_{doy} – doymuş buxar təzyiqi (Pa).

$$H_k = \frac{v_k^2}{2g} + h_m \quad (5)$$

burada h_m – modulda cəmlənmiş təzyiq itkisi, m; Moduldakı ümumi təzyiq itkiləri çəşdirici, diffuzor və modulun silindrik hissəsindəki təzyiq itkilərinin cəmidir və düsturla hesablanır:

$$h_m = \left(\frac{\lambda}{8 \sin \alpha / 2} \left(1 - \frac{1}{n^2} \right) + \lambda \frac{L_s}{d} + \frac{\lambda}{8 \sin \beta / 2} \left(1 - \frac{1}{n^2} \right) + \sin \beta \left(1 - \frac{1}{n^2} \right)^2 \right) \cdot \frac{v_k^2}{2g} \quad (6)$$

burada β – diffuzorun açılış bucağı, dərəcə; n_1 – diffuzorun genişlənmə dərəcəsi, α – qarışdırıcının açılma bucağı, dərəcələr; n – daralma dərəcəsi.

Laboratoriya sınaqları zamanı məlum olmuşdur ki, ən az hidravlik itkilər açılma bucağı 40°-ə qədər və daralma dərəcəsi nisbəti 1,2 - 3,0 olan konfuserlərdə və açılma bucağı 50°-dən az olan diffuzorlarda müşahidə olunur. Mesh silindrinin əlavə edilməsi kavitasiya eroziyasının sürətini azaldıb. Təzyiq düsturunun son forması belə görünür:

$$H_k = \frac{v_k^2}{2g} \cdot (\zeta_k + \zeta_s + 1) \quad (7)$$

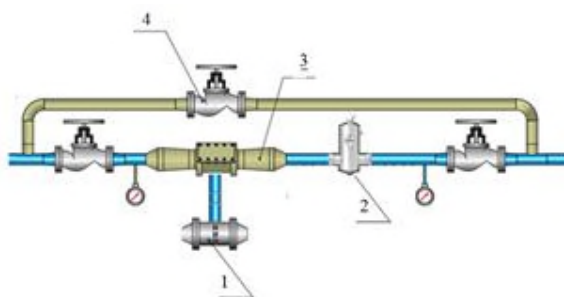
Aparılmış tədqiqatlar göstərmişdir ki, kompleks neft emalı perspektivli sahədir (Cədvəl 2).

Cədvəl 2. Neftin özlülüyünü azaldan metodların effektivliyinin müqayisəli təhlili

Xarakteristikaları	ДПН-1Р	Kavitasion emal	Kompleks emal
Depressiya Tdon , °C	10–14	5–7	17–20
Özlülüyn azalması, %			
Maksimum dinamik gərginliyin azaldılması	2–3		
ərginliyin azaldılması			
ətləri bərpa etmək vaxtı, günlər			

Təzyiqdə yerli dəyişiklik və nəticədə mayenin fasiləsizliyinin kavitasiası və sürüşməsi üçün şərait yaradılması səbəbindən enerji ayrılır. Buraxılan enerji orta sıxlıqda 945 kg/m^3 və $150 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ özlülükdə neftin temperaturunun $2-3^\circ\text{C}$ dəyişməsinə bərabərdir. Neftin qızdırılmasının ilkin temperaturunun dəyişməsi mümkün olduğuna görə iqtisadi xərclər də dəyişir.

Aşqarlardan istifadə edərək neftin kavitasiya təsiri ilə bağlı əldə edilmiş məlumatlardan istifadə edərək, müəlliflər Şəkil 1-də göstərilən neft nasos stansiyalarında kavitasiya avadanlığının quraşdırılması, onu texnoloji boru kəmərinə inteqrasiya etmək üçün aparat və texnoloji sxem hazırladılar.



Şəkil 1. Aparat və texnoloji diaqram:

1 – dozator nasosu, 2 – separator, 3 – hidrodinamik kavitator, 4 – bağlayıcı klapenlər

Müəlliflər tərəfindən aparılan təhlil və hesablamalar göstərir ki, iqtisadi yükün azaldılması məqsədilə kavitasiya müalicəsi metodundan istifadə özünü doğruldur və müsbət iqtisadi effekt verir. Kompleks neft emalının tətbiqinin mümkünlüyü və effektivliyi aşağıdakılardır:

-yüksək özlüklü neftin ilkin qızdırma temperaturunun kavitasiya müalicəsi ilə əlaqədar $2-3^\circ\text{C}$ artırılması;

-inteqrasiya olunmuş üsul hesabına yağın özlülüynün azalması, bu da öz növbəsində qızdırıcıların sərf olunan gücünün və yanacaq sərfinin azalmasına gətirib çıxaracaq;

-karbon rabitələrinin qırılması hesabına neftin reoloji xassələrinin yaxşılaşdırılması, bu da neftin sonrakı nəqlinə və emalına müsbət təsir göstərəcək, atmosfer distilləsi zamanı yüksək uçucu fraksiyaların məhsuldarlığının artmasına imkan verəcəkdir.

İstifadə olunan texnologiya 300 mm -ə qədər diametrli və $150-200 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ yağların daşınması üçün özlülük dəyərləri olan sahə və ya texnoloji boru kəmərləri sistemlərində istifadə edilə bilər.

Neftin nəqlini asanlaşdırmaq üçün onun reoloji xassələrinin optimallaşdırılması üçün yüksək tezlikli elektromaqnit şüalanmasından istifadəyə əsaslanan perspektivli yanaşmalardan biri hesab olunur.





Məhsuldar təbəqələrin və daşınan məhsulun ultra yüksək tezlikli elektromaqnit şüalanması ilə müalicəsi neftin reoloji xassələrini optimallaşdırır, ilkin kəsilmə gərginliyini azalda və neftin reoloji xassələrinin temperaturdan asılılığının profilini dəyişə bilər. Metod texnoloji prosesin optimal idarə edilməsi və avtomatlaşdırılması imkanlarını təmin edir, həmçinin ətraf mühitə zərərli təsirləri faktiki olaraq aradan qaldırır.

Mikrodalğalı və ya yüksək tezlikli elektromaqnit şüalanma uzunluğu bir millimetrdən bir metrə qədər dəyişən elektromaqnit dalğalarıdır. Materiala nüfuz edən elektromaqnit dalğası yüklü hissəciklərlə qarşılıqlı təsir göstərir. Belə mikroskopik proseslərin birləşməsi obyektə sahə enerjisinin udulmasına gətirib çıxarır. Yüklərin düzülüşündən asılı olaraq dielektrik mühitin molekulları qütblü və ya qeyri-qütblü ola bilər. Bəzi molekullarda yüklərin düzülüşü o qədər simmetrikdir ki, xarici elektrik sahəsi olmadıqda onların elektrik dipol momenti sıfıra bərabərdir. Qütb molekulları xarici sahə olmadıqda belə müəyyən elektrik dipol momentinə malikdirlər.

Xarici elektrik sahəsi tətbiq edildikdə, qeyri-qütblü molekullar qütbləşir, yəni onların yüklərinin düzülüşü simmetriyası pozulur və molekul müəyyən bir elektrik momenti əldə edir. Üstəlik, xarici sahənin təsiri altında qütb molekullarının elektrik anının böyüklüyündə dəyişiklik deyil, həm də molekulun sahə istiqamətində fırlanması baş verir. Ənənəvi isitmə üsullarından fərqli olaraq, şüalanma obyektin dərinliyinə nüfuz etdikdə, yüksək tezlikli elektromaqnit şüalanma-enerjinin çevrilməsi səthdə deyil, həcmdə baş verir, buna görə də daha böyük istilik vahidliyi ilə daha intensiv temperatur artımına nail olmaq mümkündür.

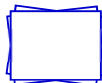
Mikrodalğalı şüalanmanın mənbəyi yüksək gərginlikli vakuum cihazı - qarşılıqlı perpendikulyar elektrik və maqnit sahələrinin təsiri altında elektronların hərəkəti nəticəsində yüksək tezlikli elektromaqnit şüalanması yaradan iki elektrodlu elektron borusu olan maqnetronudur. Mərkəzdə yerləşən katod ətrafında maqnetronunda bir neçə həcmli rezonator simmetrik olaraq yerləşdirilir. Cihaz güclü bir maqnitin dirəkləri arasında yerləşdirilir. Bir maqnit sahəsinin təsiri altında katod tərəfindən buraxılan elektronlar dairəvi traektoriyalar boyunca hərəkət etməyə məcbur olurlar. Onların sürəti elədir ki, ciddi şəkildə müəyyən edilmiş vaxtda periferiyadakı rezonatorların açıq yuvalarını keçirlər. Bu zaman elektronlar öz kinetik enerjisindən, rezonatorlarda həyəcanlı rəqslərdən imtina edirlər. Sonra elektronlar katoda qaytarılır və proses təkrarlanır. Maqnetronun yaratdığı mikrodalğalar soba boşluğuna dalğa ötürücü vasitəsilə - yüksək tezlikli elektromaqnit şüalanmalarını əks etdirən metal divarları olan kanal vasitəsilə daxil olur.

Səthi aktiv maddələr (səthi aktiv maddələr) neft-su sərhədində olur. Faza sərhədində cəmləşərək, səthi aktiv maddə daşınma zamanı yüksək özlülüklü neftin kürəciklərinin böyüməsi və çökməsinin qarşısını alır, yəni qlobulları asma halında saxlayır. Qarışığın hidrofilik hissəsi su, hidrofob hissəsi isə neft olacaqdır.

Damcı ölçüsünün paylanması səthi aktiv maddənin növündən, qarışdırma enerjisindən və təzyiqindən asılıdır. Adətən qeyri-ionik səthi aktiv maddələrdən istifadə olunur. Bu tip səthi aktiv maddələrin üstünlükləri aşağıdakılardır:

- tərkibində duzdan müstəqillik;
- onlar ionogen və zwitterionlardan daha ucuzdur;
- neftin xassələrinə təsir edən arzuolunmaz üzvi çöküntülər əmələ gətirməyin.

Hidronəqliyyatda əsas problem boru kəməri boyu emulsiya sabitliyini saxlaya bilən və xam neftdən aşağı qiymətə son təyinat məntəqəsində buraxıla bilən səthi aktiv maddənin seçilməsidir. Yüksək özlülüklü neftin sıxlığı suyun sıxlığına yaxındır, ona görə də emulsiyanın reoloji xassələri və dayanıqlığı bir çox amillərdən, məsələn, neft damcılarının paylanması və ölçüsündən, temperaturdan, duzun tərkibindən və suyun pH-dan asılıdır. Bundan əlavə, xam neftdə (gil və silisium) təbii hidrofilik birləşmələrin olması emulsiyanın qeyri-sabitliyinə səbəb ola bilər. Bu fenomen sıxlıq fərqi və damcıların birləşməsi səbəbindən emulsiyanın çökməsi və ya ayrılması ilə müşayiət olunur. Bəzən emulsiya sistemində bərk hissəciklər və qaz ola bilər ki, bu da nəql prosesini çətinləşdirir. Belə ki, yüksək özlülüklü nefti hidronəqliyyatla nəql etmək üçün " neftin tərkibindəki nefti sabitləşdirə bilən səthi aktiv maddə seçmək lazımdır.





Sürtünməyə qarşı (anti-turbulent) əlavələr. Neftin boru kəmərləri ilə nəqli əsasən turbulent şəraitdə baş verir. Neftin yüksək özlülüyünə görə əhəmiyyətli bir hissəsi nəqlinə sərf olunan enerji sürtünmə nəticəsində yaranan itkiləri kompensasiya etməyə sərf olunur. Turbulent axınlarda yüksək müqavimət burulğan axınının impulsunun radial ötürülməsi nəticəsində yaranır. Sürtünməyə qarşı aşqarları üç əsas qrupa bölmək olar: səthi aktiv maddələr, liflər və polimerlər. Səthi aktiv maddələr səthi azalda bilər mayenin gərginliyi, liflər və polimerlər isə axının əsas istiqaməti boyunca yönəldilir, turbulentliyin baş verməsini məhdudlaşdırır, nəticədə sürtünmə azalır.

Tədqiqat xam neftin içərisində matris adlanan və sürtgü effektivə malik olan və neftin səmərəli şəkildə nəqlinə imkan verən polimer filmlərin əmələ gəlməsini nəzərdə tutur. Beləliklə, yüksək özlülüklü yağlar üçün səmərəli enerjinin saxlanması və daşınma zamanı sürtünmənin azaldılması vacibdir. Bu əlavələr boru kəməri divarlarının yaxınlığında və nəql zamanı maye axınının turbulent nüvəsində sürtünməni azaltmağa kömək edir, nəticədə sabit təzyiqdə yüksək axın sürəti yaranır. Müqaviməti azaltmaqla yanaşı, əlavələr yüksək temperaturda öz xüsusiyyətlərini saxlamalıdır.

Dairəvi axın rejimi. Boru kəmərləri vasitəsilə yüksək özlülüklü məhsulların nəqli üçün başqa bir həll boru kəmərinə sürtünmə nəticəsində yaranan təzyiq itkisini azaltmağa yönəlmiş əsas həlqəvi axının yaradılmasına əsaslanır. Metod suyun və ya sulu məhlulun borunun daxili divarının bilavasitə yaxınlığında nazik bir təbəqədə cəmləşə bilməsi və bununla da suyun hərəkəti zamanı olduğu kimi uzununa təzyiq qradienti və təzyiqin ümumi azalmasına əsaslanır. Bu texnologiyadan istifadənin səmərəliliyini artırmaq üçün xarici mühəndislər borunun çevrəsinin bir neçə nöqtəsinə su vurulan boru kəməri sistemini təklif etdilər. Bundan əlavə, sınaq zamanı qeyd edilmişdir ki, kimyəvi əlavə, məsələn, natrium heksametafosfat əlavə edildikdə, su emulsiya yaratmadan neft təbəqəsini boru kəmərinin səthindən daha intensiv sıxışdırır. Yüksək özlülüklü neftin daşınması üçün həlqəvi axının istifadəsi bəzi çətinlikləri ehtiva edir, məsələn: uzun məsafələrdə axının dayanıqlığını qorumaq, boru kəmərinin divarlarının korroziyası, axının yenidən başlamasında çətinliklər.

Elektrik kəsilməsi, mexaniki nasazlıq, boru kəmərinin sızması və ya iqlimlə bağlı problemlər nəticəsində dayanma vaxtı baş verə bilər. Ağır neftin boru kəməri ilə nəqli üçün həlqəvi axın istifadə edildikdə, hətta nisbətən qısa müddət ərzində istismarda fasilələr axının iki fazaya ayrılmasına səbəb ola bilər.

Dəyişən özlülükləri olan çoxfazlı sistemi pompalamaqla həlqəvi axını bərpa etməyə cəhd edərkən, nasosun axıdılması xəttində və ya boru kəməri boyunca təzyiq zirvələri baş verir. Bu təzyiq zirvələri icazə verilən maksimum təzyiqi keçdiyi üçün boru kəmərinə ciddi pozuntulara səbəb ola bilər.

Nəticə

1. Yüksək özlülüklü neftin ehtiyatları yüngül neftin ehtiyatlarından iki dəfə çoxdur. Yüksək özlülüklü neftin daşınmasını təmin etmək üçün müxtəlif üsullardan istifadə olunur.
2. Boru kəmərləri ilə yüksək özlülüklü neftin nəqli üçün iki və ya daha çox metodun birləşməsi daha effektiv olacaqdır.
3. Kimyəvi əlavələr olmadan axını təmin etmək üsulları indi populyarlaşır. Buna görə də, nəqliyyatın aşağı əməliyyat və kapital xərcləri ilə təmin edilməsi üsulları son vaxtlar artan maraq doğurur.
4. Gələcəkdə elektrik isitmə və ultrasəs üsulları boru kəmərinin daşınması üçün populyarlaşacaq.

ƏDƏBİYYAT

1. Khusnutdinova E M., Mamonova A O. 2017 Methods of enhancing rheological properties of very heavy oils and petroleum products. Actual problems of innovative development: collection of papers of the International Conference and Workshop. M.: Impulse. pp 730-732
2. Sdvizhkov I V 2016 Characteristics of transferring quick-hardening and high-viscosity oils and oil products through main oil lines (Graduation thesis / National Research Tomsk Polytechnic University)
3. Khusnutdinova E M, Konakhina I A, Khamidullina G R and Mamonova A O 2017 Ways to transfer oil and oil products in heating conditions and methods for their enhancement. Proceedings of the 8th International Scientific and Technical Conference "Innovative Machine-building Technologies, Equipment and Materials - 2017". Part 1. pp 364-368



4. Sivakumar, P., Krishna, S., Hari, S., Vij, R.K., 2020. Electromagnetic heating, an ecofriendly method to enhance heavy oil production: a review of recent advancements. *Environ. Technol. Innov.* 20, 10100.
5. Sivakumar, P., Sircar, A., Deka, B., Silviya Anumegalai, A., Suresh Moorthi, P., Yasvanthrajan, N., 2018. Flow improvers for assured flow of crude oil in midstream pipeline - a review. *J. Pet. Sci. Eng.* 164, 24-30. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2018.01.022>.
6. Soliman, E., 2019. Flow of heavy oils at low temperatures: potential challenges and solutions. In: Gounder, R.M. (Ed.), *Processing of Heavy Crude Oils - Challenges and Opportunities*. InTech, London, United Kingdom, pp. 1-28.
7. Souas, F., Meddour, A.S.E., 2022. Drag reduction in single-phase crude oil flow: a mini-review. *J. Pipeline Sci. Eng.* 2. <https://doi.org/10.1016/j.jpse.2022.100088>.
8. Souas, F., Safri, A., Benmounah, A., 2021. A review on the rheology of heavy crude oil for pipeline transportation. *Pet. Res* 6, 116e136. <https://doi.org/10.1016/j.ptlrs.2020.11.001>.
9. Sunday, N., Settar, A., Chetehouna, K., Gascoin, N., 2021. An overview of flow assurance heat management systems in subsea flowlines. *Energies* 14, 1-38.
10. Taheri-Shakib, J., Shekarifard, A., Naderi, H., 2018. Analysis of the asphaltene properties of heavy crude oil under ultrasonic and microwave irradiation. *J. Anal. Appl. Pyrolysis* 129, 171e180.
11. Tao, R., Tang, H., 2014. Reducing viscosity of paraffin base crude oil with electric field for oil production and transportation. *Fuel* 118, 69e72.
12. Titov, E.Y., Bodrikov, I.V., Vasiliev, A.L., Kurskii, Y.A., Ivanova, A.G., Golovin, A.L., Shirokov, D.A., Titov, D.Y., Bodrikova, E.R., 2023. Non-thermal plasma pyrolysis of fuel oil in the liquid phase. *Energies* 16, 1-20.
13. Tripathi, S., Tabor, R.F., Singh, R., Bhattacharya, A., 2020. Experimental studies on pipeline transportation of high internal phase emulsions using water-lubricated core-annular flow method. *Chem. Eng. Sci.* 223, 115741. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2020.115741>.
14. Xie, Y., Li, H., Xu, M., Su, Y., Zhang, C., Han, S., Zhang, J., 2023. Effect of shear on durability of viscosity reduction of electrically-treated waxy crude oils. *Energy* 284, 128605. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.128605>.
15. Zhang, B., Shi, W., Li, Z., Jing, J., 2024. Enhancement of flow characteristics in waxy crude oil under the influence of subtle magnetic fields. *Chem. Eng. Res. Des.* 201, 120e128. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2023.11.045>.

ОБЗОР МЕТОДОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ ПО ТРУБОПРОВОДАМ

Сахиб Абдурагимов¹, Гаджи Гулиев²

^{1,2} Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

^{1,2} Кафедра «Транспортировка и хранение нефти и газа»

¹ Д.ф.т.н., доцент, sahib-mathematic@rambler.ru

² Студент-магистрант, haciqliyev020@gmail.com

РЕЗЮМЕ

Запасы высоковязких нефтей в мире оцениваются в 700 млрд тонн, что сопоставимо с мировыми запасами обычной нефти. Поскольку высоковязкая нефть будет основным сырьем на ближайшие 50-70 лет, в настоящее время уделяется большое внимание освоению месторождений высоковязкой нефти и ее использованию в промышленной переработке. Эксплуатационные расходы, связанные с транспортировкой традиционной легкой нефти, в несколько раз ниже, чем у высоковязкой нефти, что негативно сказывается на рентабельности предприятий, в том числе при транспортировке продукции на большие расстояния по трубопроводам. Для





решения этих трудностей и, прежде всего, для улучшения транспортировки высоковязких нефтей сегодня активно применяются химические реагенты, которые предотвращают образование кристаллов парафина в нефти, снижают температуру замерзания и в целом улучшают реологические показатели сырья. Для транспортировки высоковязкой нефти по трубопроводам более эффективным будет сочетание двух и более методов. Сейчас становятся популярными методы обеспечения потока без химических добавок. В последнее время все больший интерес вызывают методы обеспечения транспортировки с низкими эксплуатационными и капитальными затратами. В перспективе для трубопроводного транспорта станут популярными методы электронагрева и ультразвуковые методы.

Ключевые слова: регулирование вязкости, высоковязкие нефти, понижение температуры замерзания, термический крекинг, повышение текучести.

Publishing history: 30.06.2025

Article received: 22.05.2025

Article accepted: 10.06.2025

