

UOT 61.65.91

İ.Ə. NURİYEVA, Ab.H. RZAYEV

NEFTİN TERMOKİMYƏVİ HAZIRLANMASI QURĞUSUNDA HORIZONTAL SİLİNDRİK ÇÖKMƏ APARATLARININ DAXİLİNDƏ ARALIQ EMULSIYA TƏBƏQƏLƏRİNDƏ BAŞ VERƏN PROSESLƏRİ YAZMAQ ÜÇÜN RİYAZI MODELLƏRİN İŞLƏNİLMƏSİ

Neftin termokimyəvi hazırlanması prosesi zamanı horizontal silindrik çökmə aparatının daxilində baş verən fiziki proseslər, o cümlədən aralıq emulsiya təbəqəsinin strukturu araşdırılmış və riyazi modellər təklif edilmişdir. Təcrübi məlumatlardan istifadə etməklə NE-nin dinamik özlülüyünün temperaturdan asılılıq modeli işlənmişdir.

Açar sözlər: Neft emulsiyası, aralıq emulsiya təbəqəsi, axın sürəti, çökmə sürəti, konsentrasiya, riyazi model

1. Giriş. Neft quyularından çıxarılan neftin tərkibində olan su, qaz, mexaniki qarışıqlar və s. neft emulsiyaları (NE) əmələ gətirir və bu neft-su-qaz qarışığı neft kollektorunda toplanır. Neftin tərkibində olan asfaltenlərin, parafinlərin, dəmir qırıntılarının su damcılarının üzərində möhkəm zirehli təbəqə yaratması NE-nin dayanıqlığını artırır. NE-nin parçalanması, dispers fazanın ayrılması neftin səmərəli hazırlanmasında qarşıda duran əsas məsələlərdən biridir. NE-nin parçalanmasında əsas texniki mərhələlərdən biri isə su damcılarının çökdürülməsidir. NE-nin əsas fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri dispers tərkib, özlülük, sıxlıq və dayanıqlıqdır. Emulsiyadan su damcılarının çökdürülməsi tək bir damcının çökmə prosesindən xeyli fərqlənir. Çünki damcının çökdüyü mühit daim dəyişir.

2. Məsələnin qoyuluşu. Araşdırmalar göstərir ki, neftin termokimyəvi hazırlanması (NTH) prosesinin səmərəliliyinin artırılmasında ÇA-nın daxilində baş verən hadisələrin təsiri çox mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Bu istiqamətdə çoxlu sayda araşdırmalar mövcud olsa da ÇA-nın daxilində baş verən prosesləri, eyni zamanda aralıq emulsiya təbəqəsini (AET) təsvir edən adekvat riyazi modellər olmadığından bu məsələ bu gün də aktual olaraq qalır. Buna görə, təqdim olunan məqalə ÇA daxilində baş verən hadisələrin araşdırılmasına həsr olunub.

3. Həll üsulları. NE-nin parçalanması prosesini 3 müxtəlif mərhələyə ayırmaq olar: su damcılarının toqquşdurulması, kiçik damcıların birləşib daha böyük damcılar əmələ gətirməsi və su damcılarının çökdürülməsi [1, s.33]. Su damcılarının toqquşmasını artırmaq üçün onların NE-nin daxilində hərəkət sürəti artırılır. Bunun üçün NE-ni qarışdırmaq, isitmək, ultra səs və ya elektrik sahəsi ilə təsir etmək və s. kimi müxtəlif üsullardan istifadə olunur. Lakin nəzərə almaq lazımdır ki, damcıların toqquşması onların birləşib daha böyük damcılara çevrilməsi üçün, başqa sözlə desək koalestensiya hadisəsinin baş verməsi üçün kifayət deyildir. Bunun üçün demulqatorlar vasitəsi ilə su damcılarının üzərində yaranmış zirehli təbəqənin sərtliyinin azaldılması və deşilməsi lazımdır. Sonrakı mərhələdə isə bu damcıların ÇA-nın daxilində çökdürülməsi baş verir.

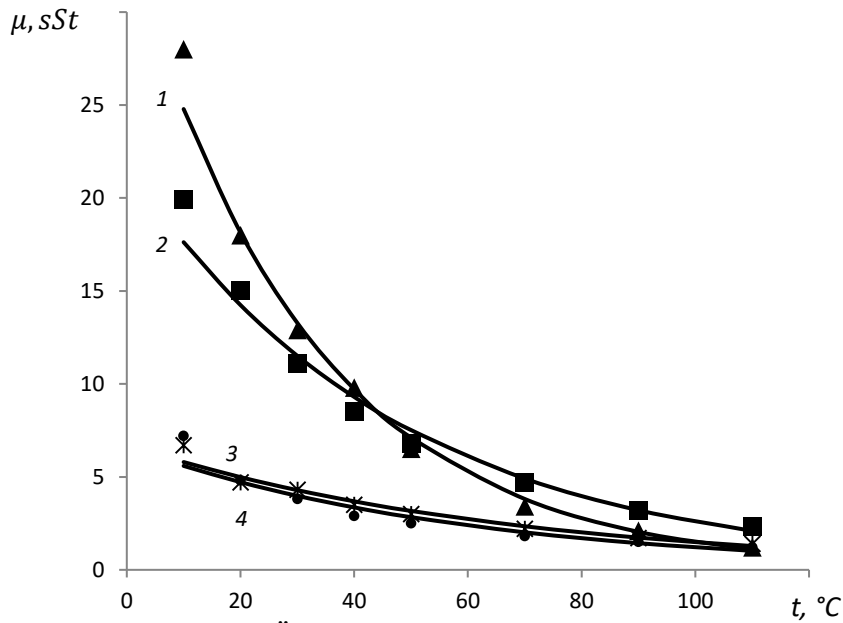
Stoks qanuna görə damcıların çökmə sürəti damcıların radiusunun kvadratı, neft və suyun sıxlıqları fərqi ilə düz, mühitin, yəni neftin özlülüyü ilə tərs mütənasibdir. Deməli, çökməni daha effektiv şəkildə həyata keçirmək üçün neftin özlülüyünü mümkün qədər azaltmaq lazımdır. Məlumdur ki, temperatur artdıqca neftin özlülüyü əhəmiyyətli dərəcədə azalır. [1, s.36] işində müxtəlif neftlər üçün özlülüyün təcrübədə temperaturdan asılı olaraq (0-110°C aralığında) necə dəyişdiyini verilmişdir (Şək.1). Bu təcrübi məlumatları aşağıda verdiyimiz riyazi modellə yüksək dəqiqliklə aproksimasiya edək.

$$\mu = \exp(A + Bt) \quad (3.1)$$

Burada A, B – neftin xarakteristikasından asılı olan empirik kəmiyyətlərdir.

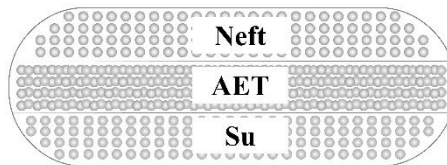
Cədvəl 1

	A	B	nisbi xəta, %
1 əyrisi üçün	3,5222	-0,0312	6,14
2 əyrisi üçün	3,0822	-0,0213	6,72
3 əyrisi üçün	1,9085	-0,0151	5,96
4 əyrisi üçün	1,8912	-0,017	11,13



Şək.1 Özlülüyün temperaturdan asılılığı

Məlumdur ki, ÇA-na daxil olan emulsiya müəyyən bir v axın sürəti ilə yuxarı istiqamətdə hərəkət edir. Digər tərəfdən qravitasiya qüvvəsi zərrəciyə aşağı istiqamətdə təsir edir və $v_{ç}$ çökmə sürəti ilə ÇA-nın dibinə doğru hərəkət edir. Əgər zərrəciyin çökmə sürəti axının sürətindən çox olarsa, zaman getdikcə zərrəcik çökmə aparatının dibinə çökərək ÇA-nın aşağı hissəsində su təbəqəsi yaradır, az olarsa, zərrəcik axınla bərabər çıxışa doğru hərəkət edərək ÇA-nın yuxarı hissəsində təmiz neft təbəqəsi əmələ gətirir. Çökmə sürəti axın sürətinə bərabər olan zərrəciklər isə aparatın daxilində asılı vəziyyətdə qalaraq aralıq emulsiya təbəqəsi (AET) əmələ gətirir ki, bu təbəqə ÇA-nın ümumi həcmnin 10-20%-ni təşkil edir (Şək.2).



Şək.2 ÇA-nın daxilində yaranan 3 fərqli mühit

Təcrübi və nəzəri araşdırmalar göstərir ki, AET həm dispers tərkib, həm də fiziki proseslərin baş verməsi baxımından çox mürəkkəb struktura malikdir. AET-nin dispers tərkibi və qalınlığı dinamik olaraq dəyişir. Daha böyük ölçülü su damcıları AET-nin girişində üstünlük təşkil edir. Hündürlük artdıqca su damcılarının ölçüsü və konsentrasiyası azalmağa başlayır. Pekle diffuziya

ədədinin kifayət qədər kiçik olduğu ($Pe_D \ll 1$) şərt daxilində, su damcılarının AET-nin daxilində hündürlükdən asılı olaraq paylanması aşağıdakı şəkildə dəyişir [2,s.285].

$$\rho(h, a) = \rho_0(a) \exp(\alpha_0(a)h - \alpha_1(a)h^2) \quad (3.2)$$

Burada,

$$\alpha_0(a) = \frac{v_a}{2D} - \sqrt{\frac{9\mu_n}{D\rho_{su}a^2}} \quad (3.3)$$

$$\alpha_1(a) = \frac{9\mu_n}{2D\rho_{su}a^2}$$

$\rho_0(a)$ – a ölçülü zərrəciklərin ilkin paylanması, h – hündürlük, a – zərrəciklərin radiusu, v_a – NE axınının orta sürəti, D – effektiv diffuziya əmsalı, μ_n – neftin dinamik özlülüyüdür. [4] işində effektiv diffuziya əmsalının zərrəciklərin çökmə sürətindən və axının sürətindən asılı olaraq necə dəyişdiyi araşdırılmış və poliempirik formulalar verilmişdir [4, s.1081-1084].

$\rho_0(a)$ başlanğıc paylanmanı hesablamaq üçün bir çox araşdırmalar və riyazi modellər mövcuddur. Fərz edək ki, ÇA-na daxil olan emulsiyanın tərkibində dispers fazanın həcm payı W_0 – a bərabərdir. [5, s.192] işində dayanıqsız emulsiyaların fazalara ayrılması üçün olan eksperimental nəticələr hiperbolik asılılıqla aproksimasiya edilmiş, Fiqurovskinin sedimentasiya analizi nəzəriyyəsinə tətbiq etməklə dayanıqsız emulsiyaların dispersliliyini ümumi halda təsvir edən nəticələr alınmışdır. Belə ki, NE-nin tərkibində olan suyun damcılarının ölçüsünə görə paylanma funksiyası ümumi halda aşağıdakı kimi təsvir edilmişdir.

$$\rho_0(a) = f(a) = \frac{4W_0}{5a_0} \frac{\frac{a}{a_0}}{\left[1 + \frac{1}{5} \left(\frac{a}{a_0}\right)^2\right]^3} \quad (3.4)$$

Burada a_0 – paylanma funksiyasının maksimumuna uyğun gələn su damcısının radiusudur.

NE-sının tərkibində dispers fazanın, yəni su damcılarının ölçüsü əsasən 1-150mkm aralığında dəyişir [2, s.274; 3, s.132-136]. NE-da olan ən kiçik damcının radiusunu a_{min} , ən böyük damcının radiusunu isə a_{max} ilə işarə edək. Əgər (3.2) paylanma funksiyasını su damcılarının ölçüsünə görə a_{min} -dan a_{max} -a qədər inteqrallasaq, AET-nin daxilində h hündürlüyündə su fazanın həcm payını tapmış olarıq

$$B(h) = \int_{a_{min}}^{a_{max}} \rho_0(r) \exp(\alpha_0(r)h - \alpha_1(r)h^2) dr \quad (3.5)$$

(3.5) inteqralını analitik üsullarla hesablamaq kifayət qədər mürəkkəb məsələ olduğundan ədədi inteqrallama üsullarından istifadə edək. $[a_{min}, a_{max}]$ parçasını Δa addımı ilə n bərabər hissəyə bölüb düzbucaqlılar metodunu tətbiq etsək alarıq.

$$B(h) = \Delta a \left(\sum_{i=1}^n \rho_0\left(\frac{a_{i-1} + a_i}{2}\right) \exp\left(\frac{v_a h}{2D} - \sqrt{\frac{9\mu_n}{D\rho_{su}}} \cdot \frac{2h}{a_{i-1} + a_i} - \frac{2\mu_n h^2}{D\rho_{su}(a_{i-1} + a_i)^2}\right) \right) \quad (3.6)$$

Məlumdur ki, düzbucaqlılar metodunun xətası aşağıdakı düsturla hesablanır.

$$E_n(\rho) = -\frac{\rho''(\varepsilon)}{12}(a_{max} - a_{min})^3 \quad (3.7)$$

Qeyd edək ki, (3.7) xətasını qiymətləndirmək üçün C# proqramlaşdırma dilində kiçik proqram bloku tərtib edilmiş və xətanın 0-9% aralığında dəyişdiyi müşahidə edilmişdir.

(3.2) paylanmasında iştirak edən NE-nın axın sürətini aşağıdakı qaydada müəyyən etmək olar.

$$v(h) = \frac{Q_{giriş}}{S(h)} \quad (3.8)$$

Burada $S(h)$ – horizontal silindirik ÇA-nın en kəsiyi sahəsinin h hündürlüyə görə dəyişməsidir.

Beləliklə, alınmış (3.6) formulundan istifadə etməklə AET-nin daxilində su fazasının həcm payının hündürlükdən asılı olaraq necə dəyişdiyini bilmək və ÇA-nın daxilində baş verən bir çox fiziki proseslərin necə cərəyan etdiyini təsvir etmək olar.

NE-nın axın sürətindən ($v(h)$) və su damcılarının çökmə sürətindən (v_c), daha doğrusu $v(h) = v_c$ bərabərliyindən istifadə etməklə hündürlükdən asılı olaraq su damcılarının kritik radiusu – $a_{kr}(h)$ hesablanır. Bu o deməkdir ki, radiusu $a_{kr}(h)$ -dan böyük olan su damcıları çökəcək, $a_{kr}(h)$ -dan kiçik olanlar isə qalıq su şəklində hazır məhsulun tərkibində çıxışa gedəcəkdir. Sedimentasiya nəzəriyyəsinə görə məlumdur ki, Stoks qanununa görə zərrəciyin çökmə sürəti aşağıdakı düsturla ifadə olunur.

$$v_s = \frac{2g(\rho_s - \rho_n)(a_{kr}(h))^2}{9\mu_n} \quad (3.9)$$

Burada, ρ_s, ρ_n – uyğun olaraq suyun və neftin sıxlıqları; g – sərbəstdüşmə təcildir. Lakin, bu formula tək zərrəciyin hərəkəti üçün doğrudur. Təcrübi araşdırmalar göstərir ki, dispers fazanın həcm payı 5%-dən çox olarsa, zərrəciyin mühitdə çökmə sürəti Stoks qanunundan fərqli olur və laminar rejimdə çökmə sürəti aşağıdakı şəkildə təyin olunur [6, s.102].

$$v_c = v_s(1 - B(h))^{4,7} \quad (3.10)$$

(3.9) düsturunu nəzərə almaqla (3.8) və (3.10) sürətlərinin bərabərliyindən $a_{kr}(h)$ üçün aşağıdakı münasibətin doğruluğu alınır.

$$a_{kr}(h) = \sqrt{\frac{9Q_{giriş}\mu_n}{2g(\rho_s - \rho_n)S(h)(1 - B(h))^{4,7}}} \quad (3.11)$$

ÇA-nın daxilində AET-dən yuxarıda h hündürlüyündən bir müstəvi keçirək. Yuxarıda dediklərimizdən belə bir nəticə çıxır ki, bu hündürlükdə qalıq suyun miqdarı ÇA-nın çıxışındakı qalıq suyun miqdarı ilə eynidir. Çünki, horizontal silindirik ÇA-da mərkəzdən yuxarı doğru en kəsiyinin sahəsi azaldığından NE-nın axın sürəti artır, su damcılarının v_c çökmə sürəti isə hündürlük artdıqca suyun həcm payı azaldığından azalır. Başqa sözlə desək, AET-ni keçmiş su damcıları axın ilə bərabər çıxışa doğru hərəkət edir. Məlumdur ki, h hündürlüyündə qalıq suyun həcmi aşağıdakı kimi hesablanır.

$$W_{su}(h) = \int_0^{a_{kr}(h)} \frac{4}{3}\pi a^3 f(a) da \quad (3.12)$$

(3.4) paylanma funksiyasından istifadə etməklə (3.12) ifadəsini inteqrallasaq hazır neftdə qalıq suyun miqdarı üçün aşağıdakı riyazi modeli almış olarıq.

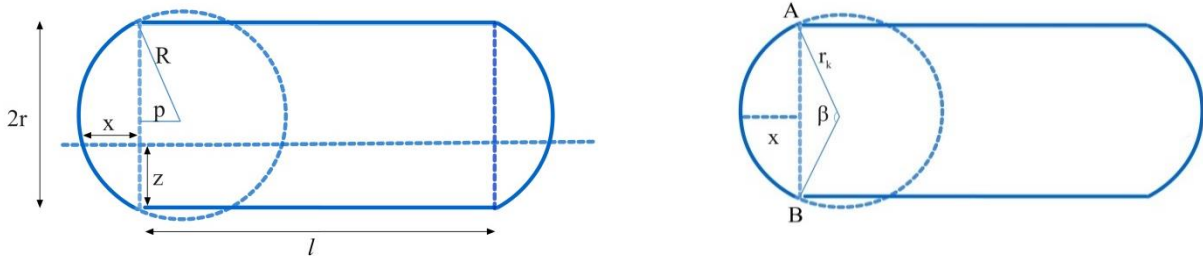
$$W_{su}(h) = \frac{10}{3} \pi a_0^3 W_0 \left[3\sqrt{5} \arctg \frac{b(h)}{\sqrt{5}} - \frac{[b(h)]^3 + 3b(h)}{\left(1 + \frac{1}{5}[b(h)]^2\right)^2} \right] \quad (3.13)$$

Burada $b(h) = \frac{a_{kr}(h)}{a_0}$.

Yuxarıdakı riyazi modelləri birqiymətli təyin etmək üçün horizontal silindrik ÇA-nın en kəsiyinin sahəsini hesablayaq. Bunun üçün Şək.3-də təsvir olunan ÇA-ın həndəsi ölçülərindən istifadə edək.

$$S(z) = S_1(z) + 2S_2(z) \quad (3.14)$$

Burada $S_1(z)$ – en kəsiyinin l uzunluğuna uyğun hissəsinin sahəsi, $S_2(z)$ – yan hissələrdə alınan çevrə seqmentinin sahəsidir (Şək.3).



a)

b)

Şək.3 a) ÇA-da z hündürlüyündən keçirilmiş en kəsiyinin yandan görünüşü
b) ÇA-da z hündürlüyündən keçirilmiş en kəsiyini üstədən görünüşü

Aydındır ki,

$$S_1(z) = 2l\sqrt{2rz - z^2} \quad (3.15)$$

$S_2(z)$ -i hesablayaq. Tutaq ki, horizontal silindrik ÇA-nın hündürlüyü $2r$, uzunluğu l , yan qabarıqlarını xəyali olaraq çevrəyə tamamlasaq, alınan çevrənin radiusu isə R -dir. Kiçik həndəsi hesablamaların köməyi ilə x və r_k məsafələrini hesablaya bilərik.

$$x = \sqrt{R^2 - (r - z)^2} - \sqrt{R^2 - r^2} \quad (3.16)$$

$$r_k = \sqrt{R^2 - (r - z)^2}$$

Əgər Şək.3-də β bucağını radianla ifadə etsək və AB seqmentinin sahəsinin

$$S_2(z) = \frac{r_k^2}{2} (\beta - \sin\beta) \quad (3.17)$$

düsturu ilə hesablandığını nəzərə alsaq, bəzi həndəsi çevirmələrin köməyi ilə $S_2(z)$ sahəsi üçün aşağıdakı münasibəti almış olarıq.

$$S_2(z) = \frac{1}{2} (R^2 - (r - z)^2) \cdot \arcsin\left(\frac{2\sqrt{R^2 - r^2} \cdot \sqrt{2rz - z^2}}{R^2 - (r - z)^2}\right) - \sqrt{(R^2 - r^2)(2rz - z^2)} \quad (3.18)$$

(3.15) və (3.18) ifadələrini (3.14)-də nəzərə almaqla horizontal silindrik ÇA-nın en kəsiyinin sahəsi üçün yekun formula aşağıdakı kimi ifadə olunur.

$$S(z) = 2l\sqrt{2rz - z^2} + (R^2 - (r - z)^2) \cdot \arcsin\left(\frac{2\sqrt{R^2 - r^2} \cdot \sqrt{2rz - z^2}}{R^2 - (r - z)^2}\right) - 2\sqrt{(R^2 - r^2)(2rz - z^2)} \quad (3.19)$$

4. Nəticə. NE-nın dinamik özlülüyünün temperaturdan asılı olaraq dəyişməsi üçün olan təcrübə məlumatları aproksimasiya edən riyazi modeli işlənmişdir. Horizontal silindrik ÇA-nın daxilində AET-nin strukturu araşdırılmış və onun hündürlüyü artdıqca dispers fazanın, yəni suyun həcm payının necə dəyişməsi və qalıq suyun miqdarının hesablanması üçün riyazi modellər təklif edilmişdir. Bundan başqa horizontal silindrik ÇA-nın daxilində en kəsiyinin sahəsinin hündürlükdən asılı olaraq dəyişməsinin hesablanması üçün yeni riyazi modellər işlənmişdir.

Ədəbiyyat

1. Левченко Д.Н. и др. Эмульсии нефти с водой и методы их разрушения. М.: Химия, 1967, с.200.
2. Келбалиев Г.И., Расулов С.Р., Рзаев А.Г. Нефтяная гидродинамика. Москва, 2015, с.358.
3. Рзаев А.Г. Научные основы расчета, проектирования и управления процессами разделения нефтяной эмульсии в нефтеподготовке и нефтепереработке: дис. ... докт. техн. наук. – Баку: ИТПХТ, 1994, с.75-77.
4. Altunbus A., Kelbaliyev G., Ceylan K. Eddy diffusivity of particles in turbulent in rough channels.// J. of Aerosol Science, 2002. №33, pp.1075-1084
5. Розенцвайг А.К. Энергосберегающие структуры процессов переноса в дисперсных системах: дис. ... докт. техн. наук. – Казань, 2004, с.192-193.
6. Лутошкин Г.С., Дунюшкин И.И. Сборник задач по сбору и подготовке нефти, газа и воды на промыслах. М.: ТИД "Альянс", 2005, с.135.

I.A. Nuriyeva, Ab.H. Rzayev

Developing mathematical models to describe the processes in intermediate emulsion layers in horizontal cylindrical tanks of a thermochemical oil treatment unit

Dynamic sedimentation of oil emulsion in horizontal cylindrical sedimentation tanks of the thermochemical oil treatment unit has been studied, mathematical models for describing the structure of the intermediate emulsion layer have been developed. Using the experimental data, a mathematical model has been proposed for describing the dependence of the dynamic viscosity of oil on temperature.

Keywords: oil emulsion, intermediate emulsion layer, velocity of flow, sedimentation velocity, concentration, mathematical model

УДК 61.65.91

И.А. Нуриева, Аб.Г. Рзаев

Разработка математических моделей для описания процессов, происходящих в промежуточных эмульсионных слоях в горизонтальных цилиндрических отстойниках установки термохимической подготовки нефти

Исследован динамический отстой нефтяной эмульсии в горизонтальных цилиндрических отстойниках установки термохимической подготовки нефти, разработаны математические модели для описания структуры промежуточного эмульсионного слоя. С использованием экспериментальных данных предложена математическая модель для описания зависимости динамической вязкости нефти от температуры.

Ключевые слова: нефтяная эмульсия, промежуточный эмульсионный слой, скорость потока, скорость осаждения, концентрация, математическая модель