

## QUYU BOYU TEMPERATUR PAYLANMASINA GÖRƏ NEFTİN DEBİTİNİN TƏYİN EDİLMƏSİ

**Abbas Heydər oğlu Rzayev**

*texnika elmləri doktoru, professor*  
AMEA-nın İdarəetmə Sistemləri İnstitutu

**Asudə Məmmədəli qızı Abdurrahmanova**

*Mingəçevir Dövlət Universiteti*

### Xülasə

Quyü kəmərinə əhatə edən süxurun qeyri-stasionar termik sahəsi şəraitində quyü debitinin ölçülməsi üçün quyü daxilində mayenin temperatur profilinin hesablanması neft yatağının istismarının aktual məsələlərindən biridir. Neft layının termik hərəkətinə dair məlumatları quyü daxilində axın temperaturunun və təzyiqinin ölçülməsi ilə əldə etmək olar. Quyudaxili temperatur dəyişməsi ümumilikdə həm neft layında, həm də quyü daxilində baş verən termik prosesləri xarakterizə edir. Aparılan araşdırmanın məqsədi riyazi modellərdən istifadə etməklə neft quyusunun debiti ilə quyü boyu temperatur paylanması, həmçinin quyudan çıxarılan neftin temperaturu arasındakı əlaqənin təyin edilməsidir.

**Açar sözlər:** debit, temperatur paylanması, istilik itkisi, istilik balans

Quyü kəmərinə əhatə edən süxurun qeyri-stasionar termik sahəsi şəraitində quyü debitinin ölçülməsi üçün quyü daxilində mayenin temperatur profilinin hesablanması neft yatağının istismarının aktual məsələlərindən biridir. Bu məsələ ilə əlaqədar olaraq çox sayda tədqiqatlar nəşr edilmişdir [1...8]. İntegral təhlillər nəticəsində məlum oldu ki, quyü daxilindəki temperatur dəyişməsi məhsuldar intervalda baş verən hidro və termodinamik prosesləri xarakterizə edir. Bu halda neft layının termik hərəkətinə dair məlumatları quyü daxilində axın temperaturunun və təzyiqinin ölçülməsi ilə əldə etmək olar. Quyü daxili temperatur dəyişməsi ümumilikdə həm neft layında, həm də quyü daxilində baş verən termik prosesləri xarakterizə edir.

Neft qarışığının quyuda hərəkəti halında sürtünmə zamanı enerji itkisi baş verir. Bu halda itirilən enerji istiliyə çevrilir, bu da axın temperaturuna keçir. Enerji itirildikcə istilik artır və bunun da bir hissəsi neft qarışığının qızmasına sərf olunur, digər hissəsi isə quyü divarına yayılır.

Əgər neft quyusunun debiti  $Q$  ( $m^3/san$ ), xüsusi çəki  $\gamma$  ( $kq/m^3$ ) olarsa, onda quyunun  $h$  kəsiyində vahid vaxtda itirilən enerji  $Q\gamma h$  olar və bu da istiliyə çevrilər:

$$\bar{\omega} = \frac{Q\gamma h}{E}, \quad h = \lambda \frac{l}{D_{\omega}} \cdot \frac{v_2}{g},$$

burada  $E$  – işin mexaniki ekvivalenti ( $425 \frac{kq \cdot m}{kcal}$ );  $v$  – quyü daxili axın sürəti;  $\lambda$  – quyudakı maye və axını xarakterizə edən kəmiyyətdir;  $D_{\omega}$  – quyunun effektiv diametridir ( $m$ );  $l$  – neft quyusunun dərinliyidir ( $m$ );  $g$  – sərbəst düşmə təcildir ( $m/s^2$ );  $h$  – təzyiq itkisidir ( $m$ ).

Nəticədə quyü sahəsinin  $dx$  uzunluğunda istilik aşağıdakı miqdarda formalaşa bilər:

$$\bar{\omega} = \frac{Q\gamma i}{E} dx, \quad (1)$$

burada  $i = \frac{h}{l}$  – hidravlik enişdir ( $m/km$ ).

Nyutonun soyutma qanununa görə istiliyin quyü divarı boyu ümumi itkisi aşağıdakı düsturla ifadə oluna bilər:

$$\pi \Pi K(T - t_0) dx, \quad (2)$$

burada  $T$  – quyunun baxılan hissəsindəki neft qarışığının temperaturudur ( $^{\circ}\text{C}$ );  $t_0$  – xarici mühitin temperaturudur ( $^{\circ}\text{C}$ );  $K$  – quyunun istilik keçiricilik əmsalıdır ( $\text{kkal}/(\text{m}_2 \cdot \text{S} \cdot ^{\circ}\text{C})$ ).

$dx$  sahəsində neft qarışığının istiliyinin ümumi itkisi  $-Q\gamma C dT$  olacaq, burada  $C$  – istilik tutumudur ( $\text{kkal}/(\text{kq} \cdot ^{\circ}\text{C})$ ).

Beləliklə, istilik balansını aşağıdakı kimi təyin etmək olar:

$$\begin{aligned} -Q\gamma C dT &= \pi \Pi K(T - t_0) dx - \frac{Q\gamma i}{E} dx, \\ -dT &= a(T - t_0 - b) dx, \end{aligned} \quad (3)$$

burada

$$a = \frac{\pi \Pi K}{Q\gamma C}, \quad (4)$$

$$b = \frac{Q\gamma i}{\pi K \Pi E}. \quad (5)$$

Quyunu əhatə edən süxurun geotermik qradientini nəzərə alaraq,  $\frac{dT_0}{dx} = -k$  və  $t_0 = T_p - kx$  əldə edirik:

$$-\frac{1}{a} dT = (T + kx - T_p - b) dx. \quad (6)$$

(6) düsturunu inteqrallamaqla istilik balansını alırıq:  $x = 0, t = T_p$  vəziyyətində əldə edirik:

$$T = T_p - kx + b + \frac{k}{a} + \left(-b - \frac{k}{a}\right) e^{-ax}, \quad (7)$$

burada  $T_p$  – quyudibi temperaturudur ( $^{\circ}\text{C}$ ). Bunun nəticəsində biz quyu dibindən quyu ağızına qədər quyunun dərinliyi boyu temperaturun paylanmasını alırıq.

Əgər sürtünmə zamanı iş itkisini nəzərə almasaq, bu halda  $b = 0$ , onda determinik temperatur qanununu aşağıdakı formada əldə etmək olar:

$$T_1 = T_p - kx + \frac{k}{a} - \frac{k}{a} e^{-ax}. \quad (8)$$

(7) düsturu ilə müqayisə etməklə sürtünmə nəticəsində temperatur dəyişməsinə əldə edirik:

$$\Delta T = T - T_1 = b(1 - e^{-ax}). \quad (9)$$

(4) və (5) düsturlarını nəzərə almaqla və neft quyusunun fəaliyyəti ilə bağlı faktiki verilənləri hesablamaqla,  $v = 0,541 \text{ m/s}$ ;  $l = 300 \text{ m}$ ;  $D_{\omega} = 0,036 \text{ m}$ ;  $i = 0,055 \text{ m/km}$ ;  $Q\gamma = 0,58 \text{ kq/s}$ ;  $C = 0,75 \text{ kkal}/(\text{kq}^{\circ}\text{C})$ ;  $k = 0,00256 \text{ kkal}/(\text{m}_2 \cdot \text{S} \cdot ^{\circ}\text{C})$  hesablanması nəticəsində  $a = 6,7 \cdot 10^{-4} (1/\text{m})$ ;  $b = 2,4^{\circ}\text{C}$  olduğunu görürük.

Yuxarıda qeyd edilənlərə görə (1)...(9) düsturlarını əlaqələndirmək olar və bizim təxminlər temperatur paylanmasına görə neft quyularının debitini hesablamağa imkan verir.

Burada (7), (8) və (9) düsturlarında  $a, b$  əmsallarına fiziki kəmiyyət kimi baxırıq.  $a$  əmsalı uzunluğun tərs qiyməti ( $1/\text{m}$ ),  $b$  əmsalı isə temperaturun dərəcə qiymətidir ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Sərfiyyat tənliyini tərtib edək:

$$Q = \frac{\pi D^2 v}{4}. \quad (10)$$

Onda  $\gamma = \rho g$  olduqda (1)-ə görə (5)-dən alırıq:

$$b = \frac{\rho \lambda_f v^2}{8KE}. \quad (11)$$

(11) düsturundan görünür ki, maksimum çıxış axınının temperatur artımı neft qarışığı axınının sürəti ilə kvadratik mütənəsidir. Eyni zamanda neft qarışığı axınının sürətinin artması və istilik keçiriciliyinin azalması ilə  $b$  kəmiyyəti də artır. Buna görə də quyunun çıxış axınının ölçülməsi quyu debitinin qiymətini səciyyələndirir. Beləliklə, neft qarışığı sərfinin artması ilə təkcə  $a, b$  əmsallarının qiyməti artmır, həm də neft qarışığının quyuda qalma müddəti azalır və nəticədə eyni zamanda istilik itkisi azalır.

(4) və (5) düsturlarından görüldüyü kimi,  $a$  və  $b$  əmsallarını qiymətləndirmək üçün  $\lambda_f$  və  $K$  kəmiyyətlərini təyin etmək tələb olunur.

Hamar boru üçün  $\lambda_f$  kəmiyyəti aşağıdakı düsturdan istifadə etməklə daha dəqiq təyin edilə bilər [5]:

$$\lambda_f = 0,3164 Re^{-\frac{1}{4}} = 0,3164 [(v \cdot D \cdot \rho) / \mu]^{-\frac{1}{4}}, \quad (12)$$

burada  $\mu$  – dinamik özlülükdür ( $Pa \cdot s$ ).

$K$  kəmiyyətinin təyin edilməsi üçün aşağıdakı düsturdan istifadə edilə bilər:

$$K = \left( \frac{1}{\alpha_1 D_1} + \frac{1}{2\lambda_{h1}} \ln \frac{D_2}{D_1} + \frac{1}{\alpha_2 D_2} + \frac{1}{2\lambda_{h2}} \ln \frac{D_3}{D_2} + \frac{1}{\alpha_3 D_3} \right)^{-1}, \quad (13)$$

burada  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  – uyğun olaraq, neft qarışığı axınından quyu divarına; quyu divarından qoruyucu kəməre; qoruyucu kəmərdən ətraf süxura istilik ötürmə əmsallarıdır;  $\lambda_{h1}, \lambda_{h2}$  – uyğun olaraq, quyu divarının və qoruyucu kəmərin termik keçiricilik əmsallarıdır.

İstilikötürmə prosesi bir neçə mərhələdə həyata keçirilir:

1. Axının nüvəsindən adsorbsiya layına;
2. Sərhəddən ( $\phi$ ) quyu divarının daxili səthinədək;
3. Daxili səthdən quyu divarının xarici səthinədək;
4. Quyu divarının xarici səthindən qoruyucu kəməryanı boyu qoruyucunun daxili səthinədək;
5. Qoruyucu səddin daxili divarından xarici divarınadək;
6. Xarici səthdən süxuradək.

İlk mərhələdə istilik dönməsinin birləşdirilməsi həyata keçirilir, burada neft qarışığı axınının nüvəsindən quyu divarına istilik keçirmə prosesi mürəkkəb xarakter daşıyır və birinci neft qarışığı axınının hərəkət rejimindən asılıdır. Burulğanlı hərəkət rejimi halında əsas temperatur düşgüsü maye sərhəddində baş verir. Bu o deməkdir ki, adsorbsiya layının termik müqaviməti istiliyin qayıtması prosesində həlledici rol oynayır. Burulğanlılıq dərəcəsinin artmasına görə adsorbsiya qatının qalınlığı azalır, istilik qayıtmasının sıxlığının artmasına səbəb olur. Bu zaman istilik qayıtması kəmiyyəti (2) Nyuton düsturundan istifadə etməklə hesablanır.

Neft qarışığı axınına perpendikulyar istiqamətdə laminar termik hərəkət zamanı istilik keçiriciliyi baş verir.

Yuxarıda qeyd olunanlara görə bu qənaətə gəlmək olar ki, quyudakı neft qarışığı axınının nüvəsindən süxurlara istilik ötürməsində əsas müqavimət qoruyucu kəmərdir ki, burada neft qarışığı və qaz sütunu demək olar ki, stasionardır və istilik mübadiləsi yalnız termik keçiriciliklə həyata keçirilir.

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  əmsalları aşağıdakı məlum düsturdan istifadə etməklə təyin edilir:

$$\alpha_i = Nu \frac{\lambda_{hi}}{d} = 0,$$

burada  $Nu$  – Nusselt meyarıdır, əlaqəli mübadilə üçün Reynold  $Re$ , Qrasqof  $Gr$  və Prandtl  $Pr$  meyarları vasitəsilə təyin edilir:

$$Nu = f(Re, Gr, Pr), \quad Re = \frac{vd}{\nu}, \quad Pr = \frac{vCp}{\lambda_h}, \quad Gr = \frac{d^3 g}{\nu^2} \beta \Delta T,$$

burada  $\beta$  – həcm genişlənməsi əmsalıdır ( $1/^\circ C$ ).

Hər hansı mayenin laminar axını üçün aşağıdakı empirik düstur təyin edilir:

$$Nu = 0.15 Re_f^{0.33} Pr_f^{0.43} Gr^{0.1} \frac{Pr_f}{Pr}.$$

Burulğanlı axın üçün:

$$Nu = 0.021 Re_f^{0.8} Pr_f^{0.43} \left( \frac{Pr_f}{Pr} \right),$$

burada  $\lambda_{h3}$  – süxurun termik keçiriciliyidir. Həm neft, həm də su üçün  $\lambda_h$  kəmiyyəti Varqaftik tənliyindən istifadə etməklə təyin edilə bilər:



$$\lambda h_i^0 = \varepsilon C \rho \gamma^3 \sqrt{\frac{\gamma}{M}},$$

burada  $M$  – mayenin molekulyar çəkisidir.

$\lambda h_i$  temperaturdan asılı olduğuna görə neft və su üçün asılılıq təqribi xətti Qrets tənliyi ilə təsvir edilir [5]:

$$\lambda h_i = \lambda h_i^0 (1 + \zeta T) \approx 3.11 \cdot 10^{-4} (1 + 0.11T).$$

Beləliklə, çıxış axınının temperaturunu ölçməklə neft quyularının debitini dəqiq təyin etmək mümkündür. Quyunu əhatə edən süxurlardakı geotermik qradienti nəzərə almaqla neft quyularının debitini ölçmək üçün riyazi modellərdən istifadə etmək olar. Təklif edilən üsul neft quyularının debitini asanlıqla və qısa müddət ərzində təyin etməyə imkan verir.

### İstifadə edilmiş ədəbiyyat

1. Арешев Е.Г., Плынин В.В., Попов О.К., Штырлин В.Ф. Природа аномальных данных термодинамических исследований нефтяных скважин // Нефтяное хозяйство, 2000, №3, с.41-47
2. Гиматулинов Ш.К. Физика нефтяного и газового пласта. М.: Недра, 1971, 312 с.
3. Зайцев М.В. Влияние термокольматации околоскважинных зон на производительность скважин // Нефтяное хозяйство, 2011, №2, с.83-85
4. Ключкин С.С., Ихсанов М.А., Цику Ю.К. Оценка состояния призабойной зоны скважины на основе комплексных исследований методами термо- и гидродинамики // Нефтяное хозяйство, 2010, №11, с.94-97
5. Лейбензон Л.С. Нефтепромысловая механика. Собрание трудов, в 2-х т. Т.3, М.: Изд-во Академии Наук СССР, 1955, 678 с.
6. Симкин Э.М. Термодинамический анализ эффекта влияния влажности и температуры на относительную проницаемость // Нефтяное хозяйство, 2010, № 10, с.136-139
7. Чекалюк Э.Б. Термодинамика нефтяного пласта. М.: Недра, 1965, 240 с.
8. Rzaev A., Guliyev G., Bikes A., Abdurachmanova A. Determining Oil Well Debit Using Outlet Temperature Information Processing / Proceeding of the sixth International Conference on Management Science and Engineering Management, v.1, Chapter 4, Springer-Verlag, London, 2013, pp.55-64

**A.H.Rzayev**  
Doctor of Technics, Professor  
Institut of Control Sistem of ANAS

**A.M.Abdurrahmanova**  
Mingachevir State University

### Determination of oil debit according to the temperature distribution along the well

#### Abstract

*Calculation of the temperature profile of the fluid inside the well to measure the flow rate of the well, when the rock in its near-wellbore zone is in non-stationary thermal conditions, is one of the topical issues in the operation of an oil field. Thermal movement data for an oil reservoir can be obtained by measuring the temperature and pressure of the flow within the well. Temperature changes inside the well generally characterize thermal processes occurring both in the oil reservoir and inside the well. The aim of the study is to determine the relationship between the oil well flow rate with the temperature distribution in the wellbore and the temperature of the produced oil based on mathematical models.*

**Keywords:** debit, temperature distribution, heat loss, heat balance



**А.Г.Рзаев**

*доктор технических наук, профессор  
Институт систем управления НАНА*

**А.М.Абдуррахманова**

*Мингячевирский государственный университет*

### **Определение дебита нефти по распределению температуры по скважине**

#### **Резюме**

*Расчет температурного профиля жидкости внутри скважины для измерения дебита скважины, когда порода в ее приствольной зоне находится в нестационарных термических условиях, является одним из актуальных вопросов эксплуатации нефтяного месторождения. Данные о тепловом движении нефтяного пласта можно получить путем измерения температуры и давления потока внутри скважины. Изменения температуры внутри скважины в целом характеризуют термические процессы, протекающие как в нефтяном пласте, так и внутри скважины. Целью исследования является определение взаимосвязи между дебитом нефтяной скважины с распределением температуры в стволе скважины и температурой добываемой нефти на основе математических моделей.*

**Ключевые слова:** *дебит, распределение температуры, тепловые потери, тепловой баланс.*

**Daxil olub:** 30.08.2021