

К определению расстояния между стволами многоствольных скважин для предотвращения осложнений

О.И. Гасымов
НИПИнефтегаз

e-mail: qasimovorxan@mail.ru

Ключевые слова: буровой раствор, многоствольная скважина, порода, затухание давления.

DOI.10.37474/0365-8554/2021-12-20-23

Mürəkkəbləşmələrin qarşısının alınması üçün çoxgövdəli quyuların gövdəarası məsafələrin təyin edilməsinə dair

O.I. Qasimov
"Neftqazəlmətdəqiqətləyihə" İnstitutu

Açar sözlər: qazma məhlulu, çoxgövdəli quyu, süxur, təzyiğin düşməsi.

Yataq işlənməsinin texnoloji sxeminin tərtibi mərhələsində qazma işlərinin həyata keçirilməsi qarşısında dayanacaq tələblər adi şaquli, maili və üfqi quyuların şaxələnən çoxgövdəli quyulara inkişafını nəzərə almalıdır. Bu səbəbdən şaxələnən çoxgövdəli quyuların tikintisi üçün quyunun nümunə konstruksiyaları və layihə profilinin növlərinin mövcudluğu zərurət kəsb edir.

Məqalədə neft və qaz quyularının salınması zamanı quyunun gövdəyanı hissəsinin həyəcənlanması sahələrinin müəyyən edilməsi cəhdi göstərilmişdir. Bunun əsasında, məsələni həll edərək, quyunun gövdəyanı hissəsinin vəziyyəti, o cümlədən qazma məhlulunun axınının hidravlik xüsusiyyəti barədə məlumat əldə etmək mümkündür.

Известно, что на стадии создания технологической схемы разработки месторождения требования к производству буровых работ должны предусматривать развитие обычных вертикальных, наклонных и горизонтальных скважин в разветвляющиеся многоствольные скважины. Поэтому необходимы типовые конструкции скважин и виды проектного профиля ствола для строительства разветвляющихся многоствольных скважин.

Для бурения разветвляющихся многоствольных скважин необходимо определить зону возмущения приствольной части ствола скважины, позволяющую установить межствольное расстояние.

В статье делается попытка определения зон возмущения приствольной части ствола скважины при проводке нефтяных и газовых скважин. На основе этого, решая задачу, можно получить данные о состоянии приствольной части скважины, а также гидравлическую характеристику потока бурового раствора.

Для определения границы зоны возмущения скважин было использовано затухание колебания давления в горных породах. Дифференциальное уравнение давления жидкости в трубах для упруго-вязких и релаксирующих сред приводится в работах [1-3].

Основное уравнение связи напряжения и деформации в случае упруго-вязкой среды имеет вид:

$$\sigma = \varepsilon E + 2\mu'(1+\nu)(1-2\nu)\mu' \frac{\partial \sigma}{\partial \tau}, \quad (1)$$

To the specification of the distance between the boreholes of multilateral wells to predict complications

O.I. Gasymov
"Oil-Gas Scientific Research Project" Institute

Keywords: drilling mud, multilateral well, rock, pressure attenuation.

At the stage of creating the technological scheme for the development of the field, the requirements for the production of drilling operations should include the development of conventional vertical, deviated and horizontal wells into branching multilateral ones. Therefore, typical well design and types of design profile of the well are necessary for the construction of branching multilateral wells.

The article attempts to determine the perturbation zones of the near wellbore part of the well during oil and gas wells drilling, based on which, by solving the problem, the data on the near wellbore part of the well, as well as the hydraulic characteristics of the mud flow may be obtained.

в случае релаксирующей среды

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial \tau} = \frac{1}{3\mu} \sigma + \frac{1}{E} \cdot \frac{\partial \sigma}{\partial \tau}, \quad (2)$$

где σ – нормальное напряжение; ε – относительное удлинение; E – модуль упругости; μ' – коэффициент вязкости; ν – коэффициент Пуассона.

Для рассматриваемого нестационарного движения бурового и цементного растворов в трубе и кольцевом пространстве выведена система уравнений движения жидкости:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial(\rho W)_i}{\partial t} &= \frac{\partial p_i}{\partial x} - \frac{\alpha_i(\rho W)_i}{f_0 R_i} \\ \frac{\rho_0 i \partial p_i}{K_0 \partial t} + \frac{\rho_0 i \partial^2 p_i}{K_2 \partial t^2} &= -\frac{1}{f_0} \left[\frac{\partial(\rho W)_i}{\partial x} + \alpha_i \frac{\partial^2(\rho W)_i}{\partial x \partial t} \right] \\ \frac{1}{K_1} &= \frac{\alpha_0}{K_0} + \frac{2b_0 r_0}{\delta}; \quad \frac{1}{K_2} = \frac{\alpha_0}{K_2} + \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \frac{2b_1 r_0}{\delta} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

При этом для упруго-вязкой среды,

$$\alpha_0 = 1; \quad \alpha_1 = \frac{2\mu'}{E}(1+\nu); \quad b_0 = \frac{1}{E}; \quad b_1 = \frac{2}{3E}(1+\nu)(1-2\nu)\mu',$$

для релаксирующей среды

$$\alpha_0 = 1; \quad \alpha_1 = 1; \quad b_0 = 3\mu'; \quad b_1 = \frac{1}{E},$$

где K_0 – модуль упругости жидкости; R – гидравлический радиус; f_0 – площадь поперечного сечения трубы или кольцевого пространства; α – коэффициент трения; r , r_0 – соответственно радиусы трубы и зоны возмущения; ρ – плотность раствора; W – среднееобъемная скорость [4].

Для такого рода задач начальные и граничные условия могут быть записаны в виде

$$\left. \begin{aligned} p(x, 0) = 0; \quad \frac{\partial p}{\partial t}(x, 0) = 0; \quad (\rho W)_i \Big|_{x=0} = 0, \\ p_i(l, t) = \psi(t); \quad (\rho W)_i \Big|_{x=l} = \varphi(t), \\ p_1(0, t) = p_2(0, t); \quad Q_1(0, t) = Q(0, t), \\ p_2(l, t) = 0. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Для решения задачи применяется преобразование Лапласа. Дифференциальное уравнение (3) приобретает вид (4)

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^2 p_i^*}{\partial x^2} &= \chi p_i^*, \\ \chi &= \frac{\rho_0 \left(\frac{S}{K_0} + \frac{S^2}{K_2} \right) f_0 \left(\frac{S}{f_1} + \frac{S}{f_0^2 R} \right)}{\alpha_0 + \alpha_1' S} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Граничные условия примут вид:

$$\left. \begin{aligned} p_i^*(0, S) &= \bar{\psi}^*(S), \\ \frac{\partial p^*}{\partial x}(0, S) &= -\left(\frac{S}{f_0} + \frac{\alpha}{f_0^2} \right) \varphi^*. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Решая уравнение (3) при условиях (2), воспользовавшись дополнительным правильным граничным условием, получим

$$\left\{ \frac{\varphi^*(\tau_0)}{\psi^*(\tau_0)} \right\}^2 \left(\frac{1}{f_0 \tau_0} + \frac{\alpha}{f^2 R} \right) - \frac{\rho_0 f_0}{K_0 f_0} \left\{ \frac{E t_0}{2 \rho_0 r_0 f_0} = \frac{2\mu'(1+\nu)}{E} + \frac{2\mu'(1+\nu)(1-2\nu)}{3} - \frac{4\mu'(1+\nu)(1-2\nu)}{3E t_0} \right\}, \quad (7)$$

где

$$\varphi^*(\tau_0) = \int_0^{\tau_0} \varphi(\tau) l^{\frac{r}{r_0}} d\tau;$$

$$\psi^*(\tau_0) = \int_0^{\tau_0} \psi(\tau) l^{\frac{r}{r_0}} d\tau.$$

Для случая, когда стенки скважины состоят из релаксирующей среды, формула (4), являющаяся общей, приводится к виду

$$\left[\frac{\varphi^*(t_0)}{\psi^*(t_0)} \right]^2 \left(\frac{1}{\tau_0} + \frac{\alpha t_0}{f_0^2 R} \right) - \frac{\rho_0 t_0}{K_0} = \frac{2\rho_0 r_0 f_0}{3\mu'}. \quad (8)$$

Из формулы (8) видно, что зависимость $\phi(\tau_0)$ и τ_0 выражается прямой линией. Зная функцию $\psi(\tau_0)$ и $\phi(\tau_0)$ соответственно вычисляется $\psi^*(\tau_0)$ и $\phi^*(\tau_0)$. Затем строится зависимость между $\phi(\tau_0)$ и τ_0 . Определяя угловой коэффициент этой прямой, на основании формулы (6) вычисляется зона возмущения r_0 .

В качестве примера в скв. 241 площади Мурадханлы на устье были сняты зависимости изменения давления и расхода во времени при восстановлении циркуляции. Скважина имела конструкцию: кондуктор 426 м спущен до глубины 196 м, глубина скважины 2800 м, диаметр ствола 0.394 м, диаметр бурильных труб 0.140 м [5].

Параметры бурового раствора: $\rho = 1880 \text{ кг/см}^3$, $\eta = 30 \text{ Па}$, $\tau_0 = 1.08 \text{ Па}$. Экспериментальные кривые изменения давления и расхода во времени обработаны методом наименьших квадратов и представлены в виде [1]:

$$p_1(\tau_0) = A_1 r^2 + B_1(\tau) + C_1$$

$$Q_1(\tau_0) = A_2 r^2 + B_2(\tau) + C_2.$$

Значения коэффициентов: $A_1 = 2700 \text{ кгс/с}^2\text{м}^2$; $B_1 = 97423 \text{ кгс/с}^2\text{м}^2$; $C_1 = 832356 \text{ кгс/м}^3$; $A_2 = 0.0009 \text{ м}^3/\text{с}^3$; $B_2 = 0.0043 \text{ м}^3/\text{с}^2$; $C_2 = 0.0581 \text{ м}^3/\text{с}$.

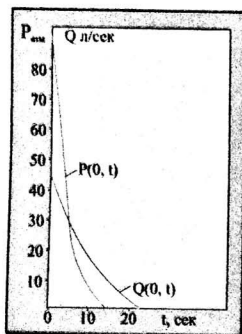


Рис. 1. Аппроксимирующие функции давления и расхода на устье скважины

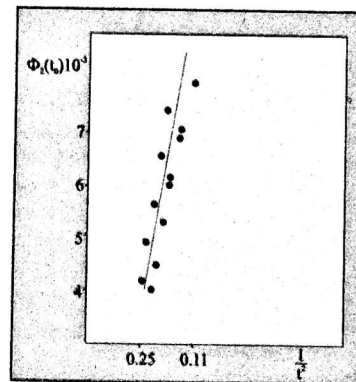


Рис. 2. Зависимость между $\phi(\tau_0)$ и τ_0

Постоянные величины, входящие в расчетную формулу (6):

$$a_1 = 0.03; f_2 = 0.1 \text{ м}^2; K_0 = 3.5 \cdot 10^{10} \text{ кгс/м}^3; \eta = 1.7 \cdot 10^{11} \text{ сП}.$$

Таким образом, решением обратных задач по устьевым информациям можно определить радиус зоны возмущения релаксирующей среды (рис. 1).

На основании приведенных данных построена зависимость между $\phi(\tau_0)$ и τ_0 (рис. 2). Расчеты показали, что примерно $r_0 = 4 \text{ м}$, т.е. вокруг скважины образована возмущенная зона, радиус которой равен 4 м. При строительстве скважин следует иметь в виду размеры возмущенной зоны. Следовательно, расстояние между стволами многоствольных скважин составляет 8 м и для предотвращения осложнений необходимо учитывать данную величину.

Список литературы

1. Гасанов Г.Т., Махмудов Р.М., Сафаров Я.И. Определение механических свойства горных пород на основе устьевых информации // Нефть и газ, 1974, № 2, с. 23-29.
2. www.dissert.05.2010
3. www.ngwedla.rus.
4. Safarov Y.I., Ismayilov Sh.I. Mürəkkəb şəraitdə neft və qaz quyularının qazılması texnologiyasının təkmilləşdirilməsi. – Bakı: SƏDA, 2001, 183 s.
5. Сафаров Я.И. Повышение эффективности бурения нефтяных и газовых скважин в осложненных условиях. – Баку: САДА, 2000, с. 240.

References

1. Gasanov G.T., Makhmudov R.M., Safarov Ya.I. Opredelenie mekhanicheskikh svoystv gornykh porod na osnove ust'yevykh informatsiy // Neft i gaz, 1974, No 2, s. 23-29.
2. www.dissert.05.2010
3. www.ngwedla.rus.
4. Safarov Y.I., Ismayilov Sh.I. Murekkeb sheraidte neft ve gaz quyularinin qazılması texnologiyasının təkmilləşdirilməsi. – Bakı: SEDA, 2001, 183 s.
5. Safarov Ya.I. Povyshenie effektivnosti bureniya neftyanykh i gazovykh skvazhin v oslozhnyonykh usloviyakh. – Baku: SADA, 2000, s. 240.