УДК 622.276.24

ВЛИЯНИЕ ПОДЗЕМНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ОСЛОЖНЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ БУРЕНИЯ

THE INFLUENCE OF UNDERGROUND STRESSES ON COMPLICATIONS DURING THE DRILLING PROCESS

Асадова Гюльшан Шамсаддин кызы
доктор филологических наук,
преподаватель кафедры нефте-газовой инженерии,
Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, г. Баку
gulshanasadova1962@gmail.com

Аннотация. Данная статья посвящена – влиянию подземных напряжений на осложнения в процессе бурения. Рассматриваются вопросы осложнений,которые могут возникнуть в процессе бурения из-за подземных напряжений, какие методы можно использовать для борьбы с высокими давлениями в разрезе пористых пород.

Ключевые слова: осложнения в процессе бурения, эффективное напряжение, давление гидроразрыва.

Asadova Gulshan Shamsaddin
Doctor of Philological Sciences,
Lecturer at the Department of Oil and Gas Engineering,
Azerbaijan State University of Oil and Industry, Baku
gulshanasadova1962@gmail.com

Annotation. This article is devoted to the influence of underground stresses on complications during the drilling process. The issues of complications that may arise during the drilling process due to underground stresses, what methods can be used to combat high pressures in porous rocks are considered.

Keywords: complications during the drilling process, effective stress, fracturing pressure.

В глубоких разведочных скважинах недостаток точной информации приводит к возникновению определенных осложнений, на борьбу с которыми уходят значительные государственные средства и потеря времени на их ликвидации, а порой это может привести к потере скважины [1, 2]. Если в разрезе пористых пород встречаются аномально высокие давления, то необходимо использовать дополнительные прочные обсадные колонны. Если зона высокого давления находится на сравнительно небольшой глубине, тогда процесс бурения и заканчивания скважины осложняется (т.е. проектный разрез пласта скважины отличается от фактического разреза).

Подземные напряжения относятся к эффективным напряжениям. Американский ученый Терцаги в 1923 году впервые выдвинул идею о существовании эффективного напряжения, после чего этот термин стал широко использоваться в механике. Надо отметить, что гидростатическое давление жидкости (P) не влияет на деформацию породы внутри пор, но регулируется эффективными напряжениями [3].

Выше указанные гидростатические напряжения присущи, как твердым телам, так и жидкостям. Эффективные напряжения скорее проявляются в твердых телах. Многочисленные исследования, проведенные во время деформации горных пород, показали, что гидроразрыв регулируется эффективными напряжениями.

В системе скважина-пласт в зависимости от пористости породы [4] напряжения определяются по формулам:

$$G_1' = G_1 - P''; \quad G_2' = G_2 - P''; \quad G_3' = G_3 - P'';$$

где G_1, G_2, G_3 – главные максимальные, промежуточные и минимальные напряжения сжатия; P'' – поровое давление; G_1', G_2', G_3' – главные сжимающие эффективные напряжения.

Для того, чтобы использовать данную концентрацию к окружающему массиву, принимаем, что проницаемость является достаточной для осуществления движения жидкости, а также принимаем, что жидкость пор инертна и поэтому эффекты являются чисто механическими.

Учитывая теоретические условия подземных приствольных напряжений, можно объяснить следующее: эффективное напряжение равно разнице между общим и поровым напряжениями.

Таким образом, минимальное эффективное напряжение определяется по формуле $G_3' = G_3 - P_1$ аналогично определяются промежуточное и максимальное эффективные напряжения $G_2' = G_2 - P_1$, $G_1' = G_1 - P_1$. Разрушение породы в пористой среде происходит исключительно за счет эффективного напряжения.

Применяя закон Гука с учетом давления вышележащих пластов, можно вывести формулу минимального значения начального эффективного напряжения. В трех направлениях начальное напряжение определяется по следующей формулам:

$$G_1 = \frac{G_1'}{E} - \frac{\nu}{E} = (G_1' + G_2'),$$

$$G_2 = \frac{G_2'}{E} - \frac{\nu}{E} = (G_1' + G_3'), \quad (1)$$

$$G_3 = \frac{G_3'}{E} - \frac{\nu}{E} = (G_2' + G_3').$$

где G_1, G_2, G_3 – главные деформации; E – модуль Юнга для горных пород; ν – коэффициент Пуассона.

С тектонической точки зрения для незначительного активного разреза пород, слагающих стенки скважин напряжения равны, т.е. $G_1' = G_3'$ и $G_2' = G_3'$.

Гидростатическое давление создавая горизонтальные деформации G_2 и G_3 практически не изменяется и в результате сжатия пластов приравнивается к нулю. Следовательно $G_2 = 0$ и таким образом формула (1) принимает следующий вид:

$$\frac{G_2'}{E} - \frac{\nu}{E} \cdot (G_1' + G_3') = 0, \quad (2)$$

если

$$G_2' = G_3',$$

то

$$G_3' = (\frac{\nu}{1-\nu}) \cdot G_1'.$$

Согласно метода Хубберта и Уиллиса, для создания давления гидроразрыва, гидрастатическое давление должно превысить сумму минимального эффективного напряжения и пластового давлениия.

Расчет ведется следующим образом:

$$P_{г.р.} = G_3' + P_1 ,$$

$$G_1' = G_1 - P_1 ,$$

где $G_1 = G_\nu$ – давление верхних пластов.

Для многих пород принимают коэффициент Пуассона приблизительно равным 0,25. Учитывая это в формуле (2) имеем:

$$G_3' = G_1' \text{ и } G_1' = G_\nu - P_1.$$

После некоторых преобразования для определения гидроразрыва получаем формулу:

$$P_{г.р} = \frac{G_\nu}{3} + \frac{2}{3} P_1.$$

Отрицательной стороной этого метода является то, что с его помощью можно определить давление гидроразрыва только для платформ с высоким и низким давлением.

В настоящее время существует несколько способов определения давления гидроразрыва. Но не существует точных методов предотвращения осложнений возникающих в процессе бурения в зависимости от геолого-технологических условий. В существующих формулах не учитывается проникновение промывочной жидкости из скважины в пласт.

С учетом этого проникновения для определения давления гидроразрыва в [5] предлагается следующая формула:

$$P_{г.р} = 2\,\frac{\sigma_{0-P_1+\,0{,}5\,\frac{1+\nu}{\nu}}}{2\,(1-\nu)-\alpha\,(1-2\nu)} + P_1. \quad (3)$$

Здесь $\alpha = 1 - \frac{C_0}{C_h}$ – сжатие скелета породы.

Если $0 \le \nu \le 0{,}5$, то $0{,}5 \le \alpha \le 1$.

Для глинистых и трещиноватых пород с учетом (3) получим следующие формулы:

$$P_{г.р} = 2\nu \cdot \frac{P_п - P_1 + 0{,}5 \cdot \frac{1-\nu}{\nu}}{2\,(1-\nu)-\alpha\,(1-2\nu)} + P_1,$$

$$P_{г.р} = 2\nu \cdot \frac{P_к - P_1 + 0{,}5 \cdot \frac{1-\nu}{\nu}}{2\,(1-\nu) - \alpha\,(1-2\nu)} + P_1.$$

Предложенные формулы предназначены для вертикальных скважин, так как вертикальное главное напряжение не влияет на давление гидроразрыва. Если скважина отклоняется от вертикали, то уменьшение градиента главного напряжения, породы составляющие верхние слои указывает воздействие.

Для определения градиента гидроразрыва в наклонных скважинах в [5] предложена формула:

$$P_{г.р} = 3G_3 - G_2 \cos^2\theta - G_1 \sin^2\theta + T + P_1. \quad (4)$$

где θ – угол отклонения ствола скважины от вертикали; T – сила сопротивления породы давлению гидроразрыва.

Если $G_3 = G_2$, (4) можно представить в виде:

$$P_{г.р} = G_3\,(3 - \cos^2\theta) - G_1 \sin^2\theta + T + P_1. \quad (5)$$

Так как определение значений величин входящих в формулу (5) в промысловых условиях является затруднительным, то для пористых пород можно воспользоваться следующим выражением:

$$P_{г.р} = P_1 + \frac{\mu}{1-\mu}\,(P_d - P_1)\cos\alpha.$$

А для глинистых и трещиноватых пород:

$$P_{г.р} = P_п + \frac{2\mu}{1-\mu}\,(P_г - P_п)\cos\alpha,$$

$$P_{г.р} = P_1 + \frac{\mu}{1-\mu}\,(P_г - P_1)\cos\alpha,$$

где μ – коэффициент Пуассона; α – угол отклонения ствола от вертикали; $P_п$ – паровое давление; P_1 – пластовое давление; $P_г$ – горное давление.

Полученные формулы можно использовать для расчета давления гидроразрыва продуктивной пристволовой зоны и для наклонных скважин с учетом искривления.

Список литературы

1. Асадова Г.Ш. К вопросу эрозионного воздействия бурового раствора на стенки скважины при бурении в глинистых отложениях // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. ВНИОЭНГ. – М., 2013. – № 3.

2. Асадова Г.Ш. Борьба с осложнениями ,связанными с деформацией стенок ствола скважины при бурении // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. ВНИОЭНГ. – М., 2013. – № 6.

3. Блинов П.А. Определение устойчивости стенок скважины при проходке интервалов слабосвязанных горных пород с учетом зенитного угла // Записки Горного института. – СПб., 2019.

4. Анализ осложнений при строительстве наклонно направленных эксплуатационных скважин на месторождении Восточной Сибири / А.Г. Потапов [и др.] // Вести газовой науки. Научно-технический сборник. – 2018. – № 1(33).

5. Малышев С.В. Повышение эффективности технологии гидроразрыва пласта в терригенных коллекторах / С.В. Малышев, Н.Е. Середа, А.И. Чикризов // Вести газовой науки. Научно-технический сборник. – 2022. – № 3(52).

List of references:

1. Asadova G.Sh. To the issue of erosive impact of drilling mud on the borehole walls when drilling in clay deposits // Construction of oil and gas wells onshore and offshore. VNIOENG. – M., 2013. – № 3.

2. Asadova G.Sh. Combating complications associated with deformation of the wellbore walls during drilling // Construction of oil and gas wells onshore and offshore. VNIOENG. – M., 2013. – № 6.

3. Blinov P.A. Determination of borehole wall stability when sinking intervals of weakly bonded rocks taking into account the zenith angle // Notes of Mining Institute. – SPb., 2019.

4. Analysis of complications during the construction of directional production wells in the East Siberian field / A.G. Potapov [et al.] // News of Gas Science. Scientific and Technical Collection. – 2018. – № 1(33).

5. Malyshev S.V. Increasing the efficiency of hydraulic fracturing technology in terrigenous reservoirs / S.V. Malyshev, N.E. Sereda, A.I. Chikrizov // Vesti gazovoy nauki. Scientific and Technical Collection. – 2022. – № 3(52).