

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА В СКВАЖИНЕ

А. А. Тагиев

(ГосНИПИ «Гипроморнефтегаз»)

Критический рост гидродинамических давлений может сопровождаться гидравлическим разрывом.

При этом возникновение гидроразрыва является причиной резкого колебания гидродинамических давлений в значительных пределах при малом промежутке времени (вплоть до необратимых процессов).

Предлагается методика определения давления гидравлического разрыва пласта в процессе спуска труб. Методика основана на решении уравнения баланса давлений в процессе движения труб.

Critical growth of hydrodynamic pressure may cause hydraulic fracture.

Then hydraulic fracture existence is the reason for sharp variations of hydrodynamic pressure values in considerable limits at small time intervals up to irreversible processes. Methods are suggested for formation hydraulic fracturing pressure determination in the process of pipe running in. Methods are based on solution of pressure balance in the process of pipes movement.

G_c – статический вес труб в скважине;

P_0 – гидростатическое давление в скважине;

P_n – потери давления, возникающие за счет преодоления гидравлических сопротивлений;

x – отношение диаметра скважины к эквалентному диаметру труб.

Резкое повышение динамического веса труб за счет снижения силы гидравлического сопротивления вследствие

ухода жидкости в пласт свидетельствует о возникновении ГРП.

При этом давление ГРП рассчитывается с учетом разницы между возникающим давлением в скважине (P) и величиной снижения гидростатического давления ($h\gamma$) после возникновения ГРП:

$$P_{\text{ГРП}} = P - h\gamma, \quad (2)$$

где h – снижение уровня жидкости в скважине после ГРП,

или

$$P_{\text{ГРП}} = \frac{G_d}{(x^2 - 1)G_c} P_0 + P_0 + P_n - h\gamma. \quad (3)$$

При известных значениях коэффициентов пропорциональности ($K_c, K_{\text{сп}}$), характеризующих степень снижения веса труб в скважине, –

$$K_c = \frac{G_T}{G_c}; \quad K_{\text{сп}} = \frac{G_c - R_n}{G_d}$$

$$G_T = G_{T1} \left(1 - \frac{\gamma}{\gamma_m} \right); \quad R_T = P_n \cdot F,$$

где R_T – силы гидравлического сопротивления;

G_{T1} – теоретический вес труб в воздухе;

γ_m – плотность металла труб;

γ – плотность жидкости в скважине;

F – площадь поперечного сечения трубы;

G_T – теоретический вес трубы в жидкости.

Тогда расчетная формула для определения давления ГРП запишется следующим образом:

$$P_{\text{ГРП}} = P_0 + P_n + P_0 \frac{1}{K_{\text{сп}}(x^2 - 1)} \left(\frac{1}{K_c} - \frac{P_n F}{G_T} \right) - h\gamma. \quad (4)$$

Из практики известно, что гидравлический разрыв пласта (ГРП) происходит в процессе выполнения таких технологических операций, как спуск труб, продавка жидкости и т.д. В этих случаях динамическое давление, возникающее в скважине, переходит свое критическое значение и, нарушая равновесное состояние в системе скважина – пласт, приводит к резкому образованию макро- и микротрещин. В большинстве случаев гидравлический разрыв пласта приводит к улучшению нефтеотдачи [1].

При этом значительную роль играет инерционное усилие, т. е. интенсивность роста давления. Давление гидравлического разрыва может снизиться до минимума, если скорость роста давления во времени значительная.

В связи с этим необходимо уточнить, при каких обстоятельствах возник гидравлический разрыв пласта, до какой степени фактическое давление разрыва не соответствует прогнозируемому, и тогда можно правильно обосновать степень технологического нарушения.

Таким образом, нужно определить не только значения предельных скоростей движения труб и давления продавки жидкости в скважине, но и интенсивность их изменения, т. е. необходимо учесть фактические пределы изменения инерционных усилий.

В условиях скважины возникновение ГРП фиксируется по прекращению выхода жидкости из скважины и по резкому изменению показаний индикатора веса (ГИВ-2). Указанный способ определения давления ГРП защищен авторским свидетельством [3].

Гидродинамическое давление в скважине в процессе спуска труб определяется по формуле [2]:

$$P = \frac{G_d}{(x^2 - 1)G_c} P_0 + P_0 + P_n, \quad (1)$$

где G_d – практический вес труб в скважине в процессе спуска;

Как видно из формулы (4), давление ГРП может равняться давлению в скважине, в том случае, когда снижение уровня жидкости после ГРП незначительное, т. е. динамический вес (G_d) в процессе спуска практически не изменяется, но при этом факт регистрации ГРП необходимо установить.

Пример реализации способа (3):

$$x = 2, G_c = 50 \text{ т}, G_d = 20 \text{ т}, P_o = 30 \text{ МПа}, P_n = 3 \text{ МПа}, \\ h = 500 \text{ м}, \gamma = 1100 \text{ кг/м}^3,$$

при этом $P_{ГРП} = 31,5 \text{ МПа}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лысенко В. Д., Мухтарский Э. Д. Проектирование интенсивных систем разработки нефтяных месторождений. – М.: Недра, 1975.
2. Тагиев А.А. Определение давления гидравлического разрыва пласта в процессе спуска бурильных труб // Изв. вузов «Нефть и газ». – 1991. – № 7. – С. 20–22.
3. Способ определения величины давления гидроразрыва пласта в скважине. Я. И. Сафаров, Х. Я. Рашидов, Ф. А. Ахундов, А. А. Тагиев. – 30.10.86. БИ № 44.