

Е.И. РОГОВ, Б.Е. ОМАРОВ

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ ЗАКАЧКОЙ ВОДЫ

Техника и технология поддержания пластового давления (ППД) закачкой воды связана с некоторыми понятиями и определениями, которые характеризуют процесс, его масштабы, степень компенсации отборов закачкой, сроки выработки запасов, число нагнетательных и добывающих скважин и др.

К числу таких характеристик относится количество нагнетаемой воды. При искусственном водонапорном режиме, когда отбор нефти происходит при давлении в пласте выше давления насыщения, объем отбираемой жидкости, приведенный к пластовым условиям, должен равняться объему нагнетаемой жидкости, также приведенной к пластовым условиям, т.е. к пластовой температуре и давлению. Поскольку в этих условиях пластовая продукция состоит только из нефти и воды, а газ находится в растворенном состоянии, то можно написать следующее уравнение баланса расходов жидкостей, приведенных к пластовым условиям:

$$Q_{\text{наг}} b_B = (Q_H b_H + Q_B b'_B + Q_{\text{ум}}) \cdot k, \quad (1)$$

где Q_{mr} – объемный расход нагнетаемой воды при стандартных условиях (например, м³/т); b_{ii} – объемный коэффициент нагнетаемой воды, учитывающий увеличение объема воды при нагревании до пластовой температуры и уменьшение ее объема при сжатии до пластового давления (для обычных пластовых температур и давлений $b_g = 1,01$); Q_H – объемная добыча нефти (суммарный дебит) при стандартных условиях (дебит товарной нефти); м³ или т; B_n – объемный коэффициент нефти, учитывающий ее расширение за счет растворения газа, повышения температуры и незначительное сжатие от давления. (Для каждого конкретного пласта B_n определяется экспериментально на установках pVT или приближенно рассчитывается по статистическим формулам. Обычно $B_n = 1,05-1,30$.)

Q_B – объемная добыча извлекаемой из пласта воды, измеренная при стандартных условиях; м³ или т; b'_B – объемный коэффициент извлекаемой минерализованной воды, который может отличаться от объемного коэффициента для пресной воды; Q_{yT} – объемный расход воды, уходя-

щей во внешнюю область (утечки); м³ или т; k – коэффициент, учитывающий потери воды, при периодической работе нагнетательных скважин на самоизлив, при порывах водоводов и по другим технологическим причинам. Обычно коэффициент $k = 1,1-1,15$.

Из уравнения (1) находят расход нагнетаемой воды Q_{mr} .

Очевидно, число нагнетательных скважин и их средний дебит Q_{nc} и расход нагнетаемой воды Q_{mT} связаны соотношением:

$$Q_{\text{nc}} = Q_{\text{mT}} n_{\text{паз}} \quad (2)$$

Если по результатам опытной эксплуатации нагнетательных скважин или по результатам расчета известен их дебит Q_{mr} , то из (1) определяют необходимое число нагнетательных скважин $n_{\text{нас}}$. Если $n_{\text{нас}}$ предопределено схемой размещения скважин, то из (1) определяют средний дебит нагнетательной скважины $q_{\text{нар}}$, который зависит от гидропроводности пласта в районе нагнетательной скважины и от репрессии, т.е. от величины давления нагнетания воды.

Дебит нагнетательной скважины находят гидродинамическими расчетами всей системы добывающих и нагнетательных скважин или приближенно по формуле радиального притока, преобразованной для репрессии. Давление нагнетания и дебиты должны находиться в технически осуществимых пределах и не должны превышать возможностей технологического оборудования. Некоторое регулирование этих величин возможно воздействием на призабойную зону нагнетательных скважин для улучшения их поглотительной способности (кислотные обработки, гидро-разрывы и др.).

Для оценки степени компенсации отборов жидкостей из пласта закачкой вводится понятие коэффициента компенсации.

Коэффициент текущей компенсации:

$$m_h = \frac{Q_{нас} b_B}{(Q_H b_H + Q_B b'_B + Q_{ym}) \cdot k} \quad (3)$$

m_h – отношение дебита нагнетаемой воды к дебиту отбираемых жидкостей, приведенных к пластовым условиям за единицу времени (год, месяц, сутки и т.д.).

Этот коэффициент показывает, насколько скомпенсирован отбор закачкой в данный момент времени. Если $m_T < 1$, закачка отстает от отбора и следует ожидать падения среднего пластового давления. Если $m_m > 1$, закачка превышает отбор и давление в пласте должно расти. При $m_m = 1$ должна наблюдаться стабилизация текущего пластового давления на существующем уровне, независимо, каким он был в начале разработки.

Коэффициент накопленной компенсации:

$$m_H = \frac{\int_0^t (Q_{нас} b_B)(t) dt}{\int_0^t [(Q_H b_H + Q_B b'_B + Q_{ym}) \cdot k](t) dt} \quad (4)$$

Числитель в (4) – суммарное количество закачной в пласт воды от начала закачки до данного момента времени t . Знаменатель – суммарное количество отобранной из пласта нефти и воды, приведенное к пластовым условиям, а также суммарные утечки за время нагнетания в течение всей эксплуатации залежи, включая отбор жидкости разведочными скважинами. При этом, если $m_H < 1$, текущее среднее пластовое давление меньше первоначального, так как закачка не

скомпенсировала суммарный отбор. Если $m_H = 1$, среднее пластовое давление восстанавливается до начального пластового давления, так как закачка полностью компенсирует суммарный отбор жидкостей.

Если $m_H > 1$, текущее среднее пластовое давление превышает первоначальное, так как закачано в пласт жидкости больше, чем отобрано. Продолжительность выработки запасов части пласта или всего объекта является важнейшей характеристикой процесса ППД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маскет М. Течение однородных жидкостей в пористой среде. М.: Гостоптехиздат. 1949. 628 с.
2. Маскет М. Физические основы технологии добычи нефти. М.: Гостоптехиздат. 1953. 606 с.
3. Hantush M.S. Analysis of data from pumping tests in leaky adnifers // Trans. AGU. 1956. Vol. 1. January.
4. Бэр Я., Заславский Д., Ирмей С. Физико-математические основы фильтрации воды. М.: Мир, 1971. 415 с.
5. Толстов Е.А. Физико-химические геотехнологии освоения месторождений урана и золота в Кызылкумском регионе. М.: МГУ, 1999. 314 с.

Резюме

Өнімді қабаттардың ішкі аудандық сулануы мен мұнай шығарудың технологиялық жүйелерін зерттелген. Мұнай шығаратын бөлшектің (МШБ) геотехнологиялық параметрлерінің үйлесімділігін екі критерий бойынша оңтайлы зерттеу объектісі болып табылады.

Summary

Technology and technique of reservoir pressure support by water flooding is associated with some basic concepts and definitions, which characterize the process, its scale, degree of compensation of selections by pumping, dates of supply output, number of injection and production wells etc.