

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ НЕФТЕНОСНЫХ И ГАЗОНОСНЫХ ПЛАСТОВ

Ю. А. МЕДВЕДЕВ

(Представлена профессором доктором И. В. Лебедевым)

В настоящей статье предлагается новый способ определения пластового давления, в основу которого положены некоторые решения Э. Б. Чекалюка [4] с последующими упрощениями Б. А. Богачева [3].

Э. Б. Чекалюком дано основное аналитическое выражение, связующее функцию нарастания давления в остановленной скважине с продолжающимся притоком жидкости в нее после остановки

$$V(t) = Q \cdot t - D(t). \quad (1)$$

В связи с трудностью графического интегрирования и некоторой сложностью графических построений при определении из выражения (1) интеграла Дюамеля $D(t)$ Б. А. Богачевым предложено в работе [3] упрощенное аналитическое выражение

$$D(t) \cong G(t) \frac{\int_0^t \Delta P(t) dt}{t}. \quad (2)$$

Подставляя выражение (2) в (1) и используя формулу Б. А. Богачева для определения суммарного притока жидкости при единичной депрессии ($\Delta P = 1$ кг/см²) из работы [1]

$$G(t) = \frac{4\pi kh}{\mu} \cdot \frac{t}{\ln \frac{x}{r^2} t}, \quad (3)$$

будем иметь окончательное аналитическое выражение для обработки данных исследования скважин:

$$Y(t) = \frac{\int_0^t \Delta P(t) dt}{Q_0 \cdot t - V(t)} = \frac{\mu}{4\pi kh} \left[\ln \frac{x}{r^2} + \ln t \right]. \quad (4)$$

Выражение (4) можно использовать для монотонных кривых нарастания давления с некоторой незначительной для практики погрешностью в пределах $\pm 5\%$.

Для уточнения этого выражения сотрудниками УкрНИГРИ А. П. Канюгой и Филясом было предложено определение интеграла

Дюамеля $D(\bar{t}) = \int_0^t \Delta P(t - \tau) dG(\tau)$ по универсальной палетке, которая построена по кривым восстановления давления на забое нефтяных и газовых скважин (а также по произвольно выбранным монотонно затухающим кривым в различных масштабах) в координатах $\varphi(P)$ и $\alpha(d)$ [5].

На осях абсцисс $\varphi(p)$ и ординат $\alpha(d)$ отложены отношения площадей немгновенного и мгновенного восстановления давления соответственно:

для нефтяных скважин

$$\varphi(p) = \frac{\int_0^t \Delta P(t) dt}{\Delta P(t) \cdot t}, \quad (5)$$

$$\alpha(d) = \frac{\int_0^t \Delta P(t - \tau) dG(\tau)}{\Delta P(t) \cdot G(\tau)} \quad (6)$$

и для газовых скважин

$$\varphi(p) = \frac{\int_0^t \Delta P^2(t) dt}{\Delta P^2(t) \cdot t}, \quad (7)$$

$$\alpha(d) = \frac{\int_0^t \Delta P^2(t - \tau) dG(\tau)}{\Delta P^2(t) \cdot G(\tau)} \quad (8)$$

для различных моментов времени, прошедших после остановки скважины. Зависимость между величинами выражается уравнением прямой на плоскости

$$\alpha(d) = 0.075 + 0.925\varphi(p). \quad (9)$$

Усредненная депрессия на оси притоков $G(t)$ определяется выражением

$$\Delta \bar{P}(t) = \frac{\int_0^t \Delta P(t - \tau) dG(\tau)}{(G t)} = \alpha(d) \cdot \Delta P(t). \quad (10)$$

Окончательные расчетные выражения имеют вид:

для нефтяных скважин

$$Y(t) = \frac{\Delta \bar{P}(t)}{Q_0 - \bar{q}(t)} = \frac{\mu}{4\pi\kappa h} \left[\ln \frac{x}{r^2} + \ln t \right], \quad (11)$$

для газовых скважин

$$Y(t) = \frac{\Delta \bar{P}^2(t)}{P_0 [Q_0 - \bar{q}(t)]} = \frac{\mu}{2\pi\kappa h} \left[\ln \frac{x}{r^2} + \ln t \right], \quad (12)$$

где Q_0 — дебит скважины перед остановкой, см³/сек;

$\bar{q}(t) = \frac{V(t)}{t}$ — осредненный дебит флюида из пласта в скважину за

время после ее закрытия, см³/сек;

$V(t)$ — количество накопленной в стволе скважины жидкости или газа после остановки ее, см³;

- P_0 — атмосферное давление, кг/см²;
- k — проницаемость пласта, дарси;
- h — мощность пласта, см;
- μ — вязкость пластовой нефти или газа, сантипуаз;
- χ — пьезопроводность пласта, см²/сек;
- r — приведенный радиус несовершенной скважины, см.

Нами использованы приведенные выше упрощенные зависимости для определения статической депрессии на пласт в момент остановки скважины, а следовательно, и пластового давления по тем же данным исследования. Для обработки указанных данных используется следующая посылка:

Во-первых, что скважина до остановки работала на установившемся режиме в течение T сек; во-вторых, что при продолжительности остановки ее, равной тому же времени T , кривая восстановления давления в координатах $\Delta P(t - \tau)$, $G(\tau)$ для нефтяных и $\Delta P^2(t - \tau)$, $G(\tau)$ для газовых скважин будет стремиться образовать прямоугольник с названными осями. Для времени T сек величина $\alpha(d) = 1$, величина $\bar{q}(T) = \frac{V(T)}{T} \rightarrow 0$. Отсюда из выражений (11) и (12) будем иметь формулы для определения статической депрессии на пласт:

для нефтяных скважин

$$\Delta P_0 = Q_0 \cdot Y(T) \quad (13)$$

и для газовых скважин

$$\Delta P_0^2 = P_{\text{пл}}^2 - P_3^2(0) = Q_0 \cdot Y(T) \cdot P_0, \quad (14)$$

Таблица 1

t , сек	$\Delta P(t)$, ат	$v(t)$, см ³	$\int_0^t \Delta P(t) dt$	$\alpha(d)$	$Y(t)$	$\ln \frac{t}{T+t}$
600	0,5824	265380	176	0,54089	0,00545951	-15,5804
1200	1,1308	478420	692	0,54672	0,00610226	-14,8873
1800	1,6473	647570	1527	0,55136	0,00647671	-14,4818
2400	2,1337	777720	2663	0,55603	0,00674240	-14,1941

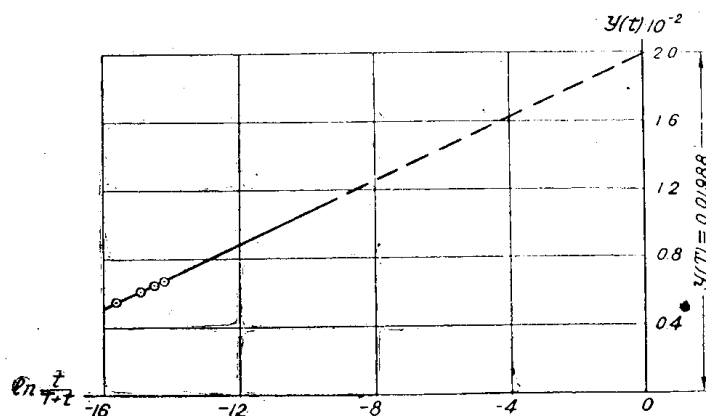


Рис. 1. График для определения пластового давления

где $P_{\text{пл}}$ — пластовое давление, которое необходимо определить, кг/см²;
 $P_3(0)$ — забойное давление в момент становки скважины, кг/см²;

$Y(T)$ — величина отрезка, отсекаемого продолжением прямой на оси ординат.

С целью определения точности предлагаемого метода произведено решение ряда теоретических примеров по гипотетическим скважинам. Результаты их удовлетворительно совпадают с принятыми эталонными. Ниже приводится расчет по одному из теоретических примеров по гипотетической скважине, заимствованному из работы Б. А. Богачева [2]. Необходимые расчеты из выражений (9) и (11) для $t = 600, 1200, 1800$ и 2400 сек занесены в табл. 1 и представлены на рис. 1.

Из рис. 1 видно, что расчетные точки в системе координат $Y(t), \ln t/T + t$ строго ложатся на прямую линию. Величина $Y(T)$ определяется либо графически — продолжением прямой до пересечения с осью $Y(t)$, либо аналитически — по двум крайним точкам на прямой. В данном случае статическая депрессия на пласт равна

$$\Delta P_0 = 500 \cdot 0,01988 = 9,94 \text{ ат.}$$

Как видно из приведенного расчета, ошибка в определении статической депрессии на пласт составила $0,6\%$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. А. Богачев. Аналитический метод определения параметров пласта. НХ, № 3, 1962.
2. Б. А. Богачев. К анализу гидродинамических методов исследования скважин. Изв. ВУЗ, Нефть и газ, № 1, 1963.
3. Б. А. Богачев. Упрощенный интегральный метод определения параметров пласта. Изв. вузов, Нефть и газ, № 2, 1964.
4. Э. Б. Чекалюк. Метод определения физических параметров пласта. НХ, № 11, 1958.
5. Э. Б. Чекалюк. Универсальный метод определения параметров пласта. НХ, № 2, 1964.