

*Петров Игорь Евгеньевич,  
студент, магистр  
Тюменский индустриальный университет  
г. Тюмень, РФ*

## **ИССЛЕДОВАНИЯ СКВАЖИН НА НЕСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМАХ**

***Аннотация:** Газогидродинамические исследования являются самым важным источником получения информации о продуктивном пласте. От качества и количества информации, полученной в результате проведения исследований, зависит достоверность и правильность выбора технологического режима работы.*

***Ключевые слова:** Газогидродинамические исследования, дебит скважин.*

***Abstract:** Hydrodynamic studies are the most important source of reservoir information. The quality and quantity of information obtained as a result of research determines the reliability and correctness of the choice of the technological mode of operation*

***Key words:** Gas hydrodynamic studies, well production.*

Основная формула упругого режима фильтрации получена в предположении о пуске добывающей скважины с постоянным дебитом  $q=\text{const}$  при плоскорадиальной фильтрации в бесконечном пласте. Эти допущения не всегда соблюдаются при ГДИС. Технически проще обеспечить постоянство дебита при снятии КВД после остановки добывающей скважины  $q=0$ . Поэтому представляет особый интерес изучение процессов перераспределения забойных давлений в скважинах при ГДИС, то есть

получение основных расчетных формул под действием изменения режимов работы скважин при:

- 1) пуске скважины;
- 2) закрытии (остановке) скважины;
- 3) изменении дебита.

Стандартная методика проведения ГДИС предполагает резкое и быстрое снижение пластового давления в испытываемой скважине (дебит скважины до остановки считается постоянным) с последующим наблюдением за восстановлением давления (во времени) в этой же скважине. Обработка результатов испытаний восстановления давления проводится по методу Хорнера, в основу которого положена предпосылка о радиальной структуре потока вокруг испытываемой скважины, пласт — коллектор однородный (по фильтрационным свойствам), не ограниченный в плане и выдержанный в разрезе. В этом случае характер изменения давления описывается следующей зависимостью:

$$P_n - P = \frac{Q\mu}{2\pi kh} \int_{\frac{r^2}{4\chi t}}^{\infty} \frac{e^{-u}}{2\sqrt{xu}} \frac{\sqrt{x}}{\sqrt{u}} du = - \frac{Q\mu}{4\pi kh} E_i \left( - \frac{r^2}{4\chi t} \right),$$

где  $P_n$  – начальное пластовое давление;

$P$  – текущее давление (как функция времени);

$Q$  – расход скважины на этапе снижения пластового давления;

$k$  – проницаемость пород;

$h$  – мощность пласта коллектора;

$r$  – радиальная координата;

$t$  – время;

$\chi$  – пьезопроводность пласта;

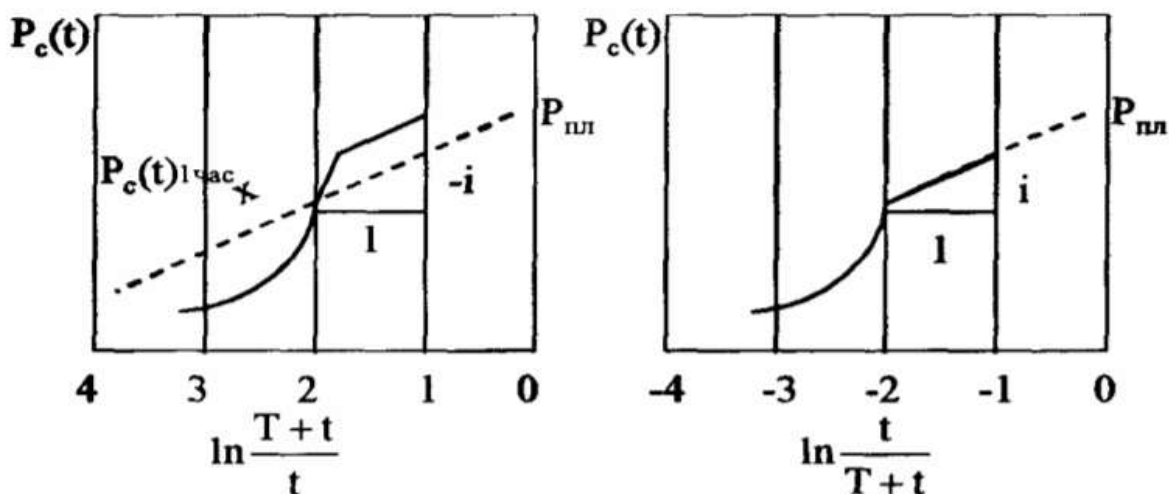
$\mu$  – вязкость флюида.

На практике для анализа этапа восстановления давления используют аппроксимацию этого решения, которая справедлива при  $r^2 / 4\chi t < 0,1$  (что на скважине выполняется практически мгновенно относительно  $t$ ):

$$P_c(t) = P_{пл} + \frac{Q\mu}{4\pi kh} \lg\left(\frac{t}{t+T}\right),$$

где  $T$  – длительность откачки (период снижения давления).

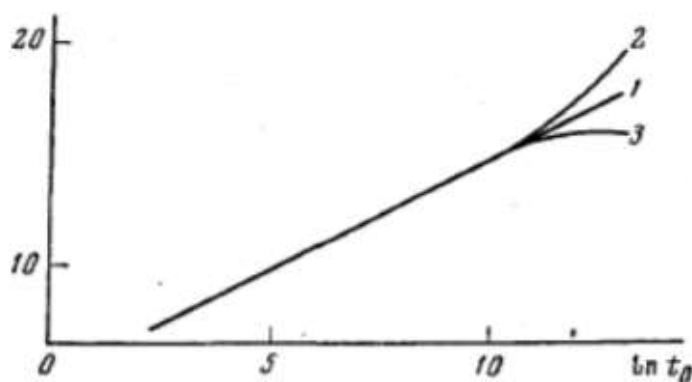
В соответствии со структурой, обрабатывать выражение следует в координатах  $P_c(t)$ ,  $\lg\left(\frac{t}{t+T}\right)$ . Формула также позволяет определять гидропроводность, но не позволяет определять комплекс  $\frac{k}{r_c^2}$ . Однако, если экстраполировать прямолинейный участок КВД до пересечения с осью ординат  $\lg\left(\frac{t}{t+T}\right) = 0$ , то точка пересечения будет соответствовать значению пластового давления (рисунок 1).



**Рисунок 1. Обработка КВД методом Хорнера**

К числу причин, искажающих форму кривых восстановления давления, следует отнести влияние границ пласта, нарушение геометрии потока в призабойной зоне скважины, приток жидкости в скважину после ее остановки, нарушение режима работы скважины перед остановкой, а также неизотермичность режима восстановления давления. Кроме того, необходимо иметь в виду, что рассматриваемые модели не описывают самый начальный участок изменения давления уже в силу приближенности используемых формул. Все эти факторы затрудняют интерпретацию КВД.

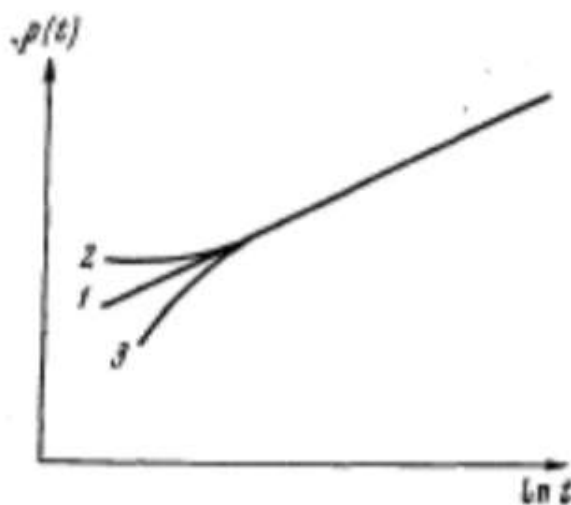
Влияние границ пласта. Предположение о бесконечности пласта не соответствует действительности. Однако периоды времени, необходимые для проведения обычных гидродинамических исследований невелики и за этот период влияние границ в большинстве своем практически не ощутимо. На рисунке 2 приведены безразмерные КВД, полученные в бесконечном круговом пласте (кривая 1), в замкнутом круговом пласте радиуса 300 м (кривая 2) и в круговом пласте радиуса 300 м с постоянным давлением на контуре (кривая 3). Расхождение начинается около 6 часов, если параметры равны  $r_c=0.1$  м,  $\kappa=1$  м<sup>2</sup>/с.



**Рисунок 2. Влияние границ пласта на характер КВД**

Влияние несовершенства скважин и неоднородностей коллектора. Оценка скин-эффекта. Неоднородности могут определяться как изменением коллекторских свойств пласта, так и изменением свойств насыщающей жидкости. Если со временем коллекторские свойства остаются постоянными, а свойства жидкости изменяются, например, за счет вытеснения нефти водой, тогда сопоставление кривых, зарегистрированных в разные промежутки времени, позволит судить о характере вытеснения. Существенной информацией о пласте, которую дают КВД является оценка состояния призабойной зоны — определение скин-эффекта. Многочисленными исследованиями показано, что гидродинамическое несовершенство скважин,

а также изменение проницаемости призабойной зоны сказывается только на начальных участках КВД (рисунок 3).



**Рисунок 3. КВД в скважине с измененной проницаемостью в призабойной зоне**

где 1 - однородный пласт, 2 - проницаемость призабойной зоны больше проницаемости пласта, 3 - проницаемость призабойной зоны меньше проницаемости пласта.

Херст и Ван-Эвердинген предложили формулу для определения скин-эффекта  $S$ :

$$\Delta P_c(r,t) = \frac{Q\mu}{4\pi kh} \left( \lg \frac{2,25 kt}{r_c^2} + 2S \right)$$

Путем обработки КВД определяется гидропроводность пласта. Пьезопроводность пласта определяется по данным исследования пласта методом гидропрослушивания. Тогда, зная эти два параметра и радиус скважины по долоту, подставляя реальную депрессию в какой-то момент времени и дебит до остановки скважины, расчетным путем из формулы определяется скин-эффект:

$$S = 0,5 \left( \frac{\Delta P_c(t)}{i} - \lg \frac{2,25 kt}{r_c^2} \right).$$

Найденный таким способом скин-эффект будет характеризовать и несовершенство скважины, и изменение проницаемости в призабойной зоне пласта. Чтобы разграничить эти факторы, нужно знать одну из величин и

определить вторую. Например, нужно знать гидропроводность призабойной зоны и определять скин-эффект, обусловленный несовершенством скважины. Форма начальных участков КВД определяется и другими факторами: неоднородностью по напластованию, трещиноватостью и пр. КВД в трещиноватом коллекторе похожа на КВД, получающуюся при улучшенных коллекторских свойствах призабойной зоны.

#### **Список литературы:**

1. Чуйкин Е.П. Анализ гидродинамических исследований скважин на Приобском месторождении - Научные труды КУБГТУ, 2015.