

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

ОПИСАНИЕ ОСНОВНЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН НА НЕСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМАХ

***Аннотация:** Для получения информации о пространственных размерах, распределения продуктивных и энергетических характеристик, создания научной базы для проектирования, для сопровождения разработки месторождений необходимо проведение исследований.*

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

***Abstract:** To obtain information about the spatial dimensions, the distribution of productive and energy characteristics, to create a scientific basis for design, to support the development of deposits, it is necessary to conduct research*

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

Описание основных гидродинамических исследований скважин на нестационарных режимах

Различают ГДИС на установившихся режимах фильтрации и на неустановившихся режимах. В работе рассмотрены и подробно описаны методы снятия кривой восстановления давления и проведение гидропрослушивания на разных моделях с различными условиями.

Кривые восстановления забойных давлений (КВД) является одним из известных и распространенных методов гидродинамических исследований скважин на неустановившихся режимах фильтрации. Гидродинамические исследования скважин на неустановившихся режимах фильтрации по КВД

относятся к пьезометрическим методам исследований скважин и пластов. Этот метод связан с регистрацией забойных и пластовых давлений и дебитов и предназначен для получения информации, необходимой для создания детерминированной динамической модели, на базе которой осуществляется проектирование и регулирование процессов разработки залежей углеводородов и эксплуатации нефтяных и газовых скважин. Метод кривой восстановления давления применяется для скважин, фонтанирующих с высокими и устойчивыми дебитами. Продолжительность исследования эксплуатационной скважины методом КВД может составлять от нескольких десятков часов до нескольких недель, благодаря чему радиус исследования охватывает значительную зону пласта. Тем не менее, при большой длительности исследования конечные участки КВД могут быть искажены влиянием соседних скважин на распределение давления в удалённой зоне пласта. Достоинством принято считать, что расход после остановки не меняется и равен 0, основным недостатком являются потери продукции скважины из-за ее остановки.

Теоретической основой вышеописанных методов является линейная теория упругого режима фильтрации. Доминирующая форма проявления пластовой энергии при упругом режиме фильтрации - это упругая деформация твердого скелета пласта и сжатого однофазного флюида. Характерными особенностями упругого режима фильтрации являются длительные во времени процессы перераспределения давления в пласте и изменения упругого запаса пласта флюида, связанные с пуском или остановкой скважин, изменением режимов их работы. Длительность и особенность этих неустановившихся процессов зависят от параметров пласта и скважин (коэффициента пьезопроводности α , давления P , уклона прямолинейного участка графика i , проницаемости k , толщина пласта h , скин-фактора S), а также от строения пластовых систем - залежей (в зависимости от условий на внешних границах пласта различают модели - «бесконечного», «открытого» и

«замкнутого-закрытого» пластов, с перетоками и без перетоков через кровлю и подошву пласта). В наиболее общей форме неустановившиеся процессы перераспределения давления для модели линейной теории упругого режима описываются основным дифференциальным уравнением линейной теории упругого режима фильтрации - уравнением пьезопроводности:

$$\nabla^2 P = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial P}{\partial t}; \quad (1.1)$$

Это линейное дифференциальное уравнение выведено на основе синтеза уравнения неразрывности, динамического уравнения фильтрации - закона Дарси, уравнения состояния пористой среды и насыщающей жидкости. Уравнение пьезопроводности справедливо при следующих допущениях и предположениях:

- процесс фильтрации и деформаций изотермический, то есть

$$T^\circ = \text{const}; \quad (1.2)$$

- режим пласта упругий, в пласте движется однородная ньютоновская жидкость по линейному закону фильтрации Дарси:

$$P_{\text{пл}} > P_{\text{заб}} > P_{\text{нас}}, \quad (1.3)$$

$$\mu = \text{const}, \quad (1.4)$$

$$\bar{v} = -\frac{k}{\mu} \text{grad } P, \quad (1.5)$$

где $P_{\text{пл}}$, $P_{\text{заб}}$, $P_{\text{нас}}$ - давление соответственно пластовое, забойное и насыщения, v - вектор скорости фильтрации;

- пористая среда однородна и изотропна по проницаемости

$$k = \text{const} \neq k(x, y, z). \quad (1.6)$$

- пористая среда и пластовый флюид упругие и их объемные деформации подчиняются линейному закону Гука:

$$dm = \beta_c dP, \quad (1.7)$$

$$\frac{d\rho}{\rho} = \beta_{\text{ж}} dP, \quad (1.8)$$

Пористость и проницаемость зависят от давления:

$$m = m_0 + \beta_c (P - P_0), \quad (1.9)$$

$$\rho = \rho_0 [1 + \beta_{ж} (P - P_0)]; \quad (1.10)$$

- силы инерции и гравитации не учитываются.

Простейшими одномерными фильтрационными потоками являются: прямолинейно-параллельный, радиальный и радиально-сферический фильтрационные потоки, в которых траектории частиц флюида прямолинейны и все характеристики фильтрационного потока определяются функциями только одной координаты, отсчитываемой вдоль линии тока. Все варианты моделей в работе заданы с радиальным режимом. Для такого типа фильтрационных потоков уравнение пьезопроводности (1.1) может быть записано в виде:

$$\frac{\partial^2 P}{\partial r^2} + \frac{j}{r} \frac{\partial P}{\partial r} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial P}{\partial t}, \quad j=0, 1, 2.$$

Если предположить, что фильтрация однофазного флюида происходит по линейному закону Дарси при упругом режиме, в пласте образуется неустановившийся плоскорадиальный поток упругой жидкости (рисунок 2.1.1). Тогда распределение давления в любой точке пласта в любой момент времени $P(r,t)$ определяется интегрированием уравнения (1.1) при следующих начальных и граничных условиях:

$$P(r, t) = P_k, \quad \text{при } t=0,$$

$$P(r, t) = P_k, \quad \text{при } r \rightarrow \infty$$

$$q = \frac{2\pi kh}{\mu} \left(r \frac{\partial P}{\partial r} \right)_{r \rightarrow \infty} = \text{const}, \quad \text{при } r \rightarrow 0 \text{ и } t > 0 \quad (1.11)$$

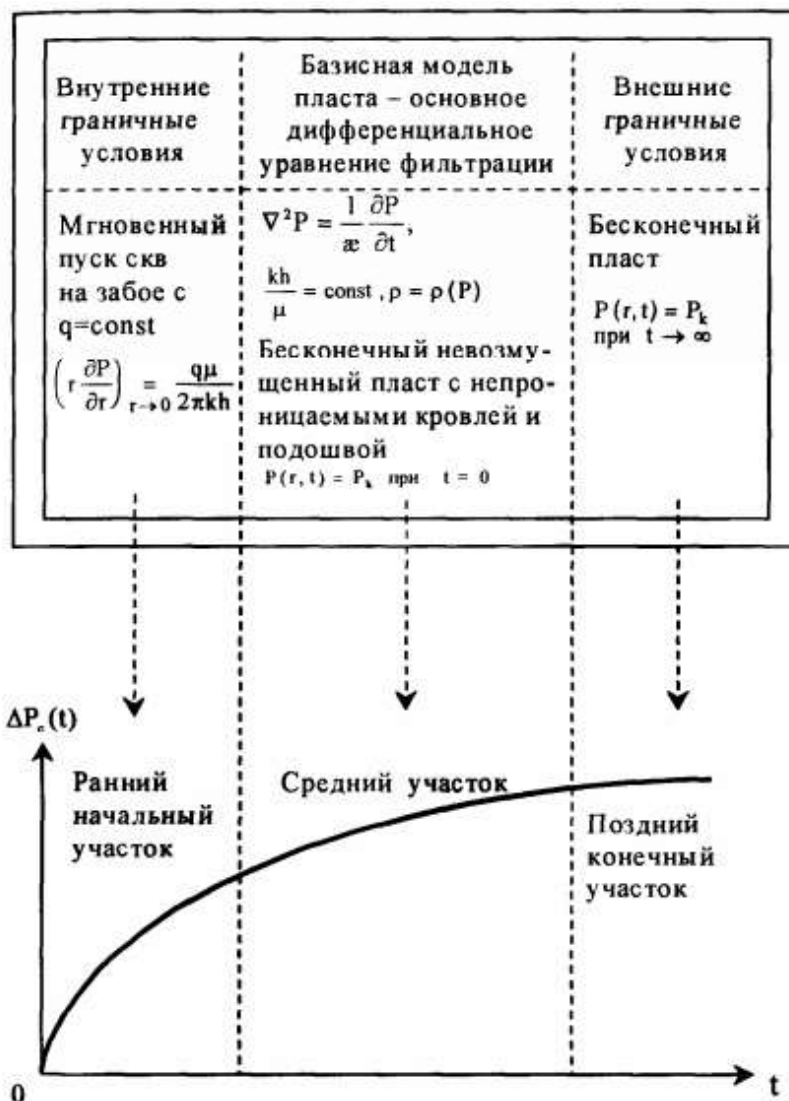


Рисунок 1. Модель фильтрационного потока упругого режима

Решение уравнения (1.1) при условиях 1.1 имеет вид:

$$P(r, t) = P_k \frac{k\mu}{4\pi kh} \left[-Ei\left(-\frac{r^2}{4\alpha t}\right) \right], \quad (1.12)$$

где $\left[-Ei\left(-\frac{r^2}{4\alpha t}\right) \right] = \int_{\frac{r^2}{4\alpha t}}^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du$ – интегральная показательная функция.

Список литературы:

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