

## КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине «Подземная гидромеханика»

*на тему* «Исследование задач интерференции

скважин в условиях упругого режима»

Выполнил: студент гр. 21Н

М.В. Новак

Проверил: ст. преподаватель

У.А. Новикова

# Введение

- Интерференция скважин – взаимное влияние их друг на друга.
- В работе рассматриваются задачи интерференции скважин в условиях упругого режима.

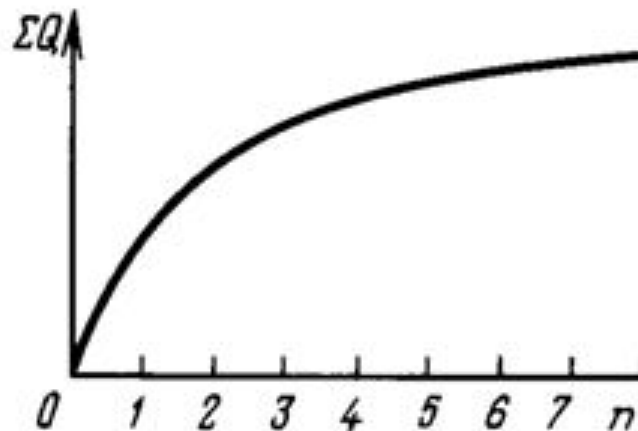


Рис.1. Зависимость суммарного дебита от числа скважин

# Цель и задачи курсовой работы

- Цель работы – изучение задач интерференции скважин в условиях упругого режима.

Для этого поставлены следующие задачи:

1. Изучение упругого режима фильтрации и основных принципов интерференции скважин на основе научной литературы,
2. Описание вопросов практического применения методик,
3. Приведение примеров численных расчетов решения данных задач,
4. На основе проделанной работы формулирование заключения и выводов.

## Упругий режим пласта и его характерные особенности

- При **упругом режиме** основным источником пластовой энергии служат упругие силы воды, нефти и самих пород, сжатых в недрах под действием горного давления.



# Дифференциальное уравнение фильтрации упругой жидкости в упругой пористой среде по закону Дарси

Общее дифференциальное уравнение неустановившегося движения сжимаемого флюида по закону Дарси в деформируемой пористой среде

Уравнение состояния упругой жидкости и уравнение состояния упругой пористой среды

$$\frac{\partial(m\rho)}{\partial t} = \frac{k}{\mu} \nabla^2 p$$

$$\rho = \rho_0 [1 + \beta_{\text{ж}} (p - p_0)]$$
$$m = m_0 + \beta_c (p - p_0)$$

# Дифференциальное уравнение фильтрации упругой жидкости в упругой пористой среде по закону Дарси

Основное дифференциальное уравнение упругого режима фильтрации

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \chi \left( \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial z^2} \right)$$

# Дифференциальное уравнение фильтрации упругой жидкости в упругой пористой среде по двучленному закону фильтрации

Для прямолинейно-параллельного потока упругой жидкости основное дифференциальное уравнение упругого режима фильтрации переходит в одномерный вариант

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \chi \frac{\partial^2 p}{\partial x^2}$$

# Дифференциальное уравнение фильтрации упругой жидкости в упругой пористой среде по двучленному закону фильтрации

Уравнение неразрывности

Двучленный закон фильтрации

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial r} + \frac{\rho v}{r} = \frac{\partial(\rho m)}{\partial t} \quad \frac{\partial p}{\partial r} = \frac{\mu}{k} v + \frac{\beta}{\sqrt{k}} \operatorname{sgn} v \rho v^2$$



# Дифференциальное уравнение фильтрации упругой жидкости в упругой пористой среде по двучленному закону фильтрации

Дифференциальное уравнение упругого режима фильтрации для плоскорадиального потока

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \chi \left( \frac{\partial^2 p}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial r} \right)$$

# Решение уравнения для прямолинейно-параллельного фильтрационного потока упругой жидкости. Случай первый

Распределение давления

$$p(x, t) = p_{\Gamma} + (p_{\kappa} - p_{\Gamma}) \operatorname{erf} \left( \frac{x}{2\sqrt{\chi t}} \right)$$

Дебит галереи

$$Q(t) = \frac{k}{\mu} \frac{p_{\kappa} - p_{\Gamma}}{\sqrt{\pi \chi t}} B h$$

# Решение уравнения для прямолинейно-параллельного фильтрационного потока упругой жидкости. Случай второй

Распределение давления

$$p(x, t) = p_r + \frac{\mu v}{k} \left[ x \left( 1 - \operatorname{erf} \left( \frac{x}{2\sqrt{\chi t}} \right) \right) + \frac{2\sqrt{\chi t}}{\sqrt{\pi}} \left( 1 - e^{-\frac{x^2}{4\chi t}} \right) \right]$$

Закон изменения давления на галерее

$$p_r(t) = p_k - \frac{Q\mu}{Bh k} \frac{2\sqrt{\chi t}}{\sqrt{\pi}}$$

# Плоскорадиальный фильтрационный поток упругой жидкости

Распределение давления (основная формула теории упругого режима фильтрации)

$$p(r, t) = p_{\kappa} - \frac{Q_0 \mu}{4\pi kh} \left[ -Ei \left( -\frac{r^2}{4\chi t} \right) \right]$$

## Принцип суперпозиции

- Суть метода суперпозиции (метода наложения) состоит в том, что при совместной работе в пласте нескольких добывающих и нагнетательных скважин изменение пластового давления, вызванное работой каждой из скважин, подсчитывается так, как если бы данная скважина работала одна; затем изменения давления, вызванные работой каждой скважины, алгебраически суммируются по всем скважинам.

## Пример числовых расчетов первый

Определить дебит галереи, расположенной в прямолинейно-параллельном полубесконечном пласте шириной  $B = 300$  м, мощностью  $h = 15$  м, с коэффициентом проницаемости  $k = 0,8$  Д, в момент  $t = 2$  сут с начала эксплуатации с постоянным забойным давлением  $p_{\Gamma} = 9,8$  МПа. Начальное пластовое давление  $p_{\kappa} = 12,74$  МПа. Коэффициент сжимаемости жидкости и породы соответственно  $\beta_{\text{ж}} = 1,53 \cdot 10^{-9}$  м<sup>2</sup>/Н и  $\beta_{\text{п}} = 0,612 \cdot 10^{-10}$  м<sup>2</sup>/Н. Коэффициент пористости  $m = 20\%$ , коэффициент вязкости нефти  $\mu = 1,5$  мПас.

## Пример числовых расчетов первый

$$Q = \frac{0,8 \cdot 1,02 \cdot 10^{-12} \cdot (12,74 - 9,8) \cdot 10^6 \cdot 300 \cdot 15}{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{3,14 \cdot 1,48 \cdot 10^5}} = 8,03 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с} =$$
$$= 694 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

## Пример числовых расчетов второй

Пусть в бесконечном пласте одновременно работают  $n$  скважин с постоянными дебитами. Начальное пластовое давление в невозмущенном пласте всюду одинаково и равно  $p_k$ .

Требуется найти снижение давления

$\Delta p = p_k - p(r, t)$  в точке пласта  $M$  в момент времени  $t$ .



## Пример числовых расчетов второй

$$n = 4;$$

$$r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = 1000 \text{ м};$$

$$Q_1 = 40 \text{ м}^3/\text{сут} \approx 4,63 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_2 = 100 \text{ м}^3/\text{сут} \approx 11,57 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_3 = 25 \text{ м}^3/\text{сут} \approx 2,89 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_4 = 65 \text{ м}^3/\text{сут} \approx 7,52 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с};$$

$$\mu = 10 \text{ мПас} = 10^{-2} \text{ Пас};$$

$$k = 1 \text{ мкм}^2 = 10^{-12} \text{ м}^2;$$

$$h = 100 \text{ м};$$

$$\chi = 2,5 \text{ м}^2/\text{с};$$

$$t_1 = 3 \text{ сут} = 259200 \text{ с};$$

$$t_2 = 1 \text{ сут} = 86400 \text{ с};$$

$$t_3 = 4 \text{ сут} = 345600 \text{ с};$$

$$t_4 = 2 \text{ сут} = 172800 \text{ с}.$$

## Пример числовых расчетов второй

$$\Delta p_3 = \frac{2,89 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-2}}{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-12} \cdot 100} \cdot \left[ -\text{Ei} \left( -\frac{1000^2}{4 \cdot 2,5 \cdot 345600} \right) \right] =$$

$$= 2299,79 \cdot [-\text{Ei}(-0,2894)] = 2299,79 \cdot 0,932 = 2143 \text{ Па}$$

$$\Delta p = 2679 + 1556 + 2143 + 2837 = 9215 \text{ Па}$$

$$\Delta p_4 = \frac{7,52 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-2}}{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-12} \cdot 100} \cdot \left[ -\text{Ei} \left( -\frac{1000^2}{4 \cdot 2,5 \cdot 172800} \right) \right] =$$

$$= 5984,23 \cdot [-\text{Ei}(-0,5787)] = 5984,23 \cdot 0,474 = 2837 \text{ Па}$$

## Заключение

- В ходе работы были изучены задачи интерференции скважин в условиях упругого режима, были рассмотрены вопросы практического применения. В том числе были приведены примеры численных расчетов.
- Из всей проделанной работы можно прийти к выводу, что если в пласте эксплуатируется не одна скважина, а несколько, то изменения давления, вызванные работой каждой отдельной скважины, алгебраически суммируются. Этим путем учитывается их взаимодействие (интерференция).

**СПАСИБО ЗА  
ВНИМАНИЕ!**

A decorative graphic element consisting of a solid teal horizontal bar that transitions into a series of three parallel, slightly offset white lines on the right side.