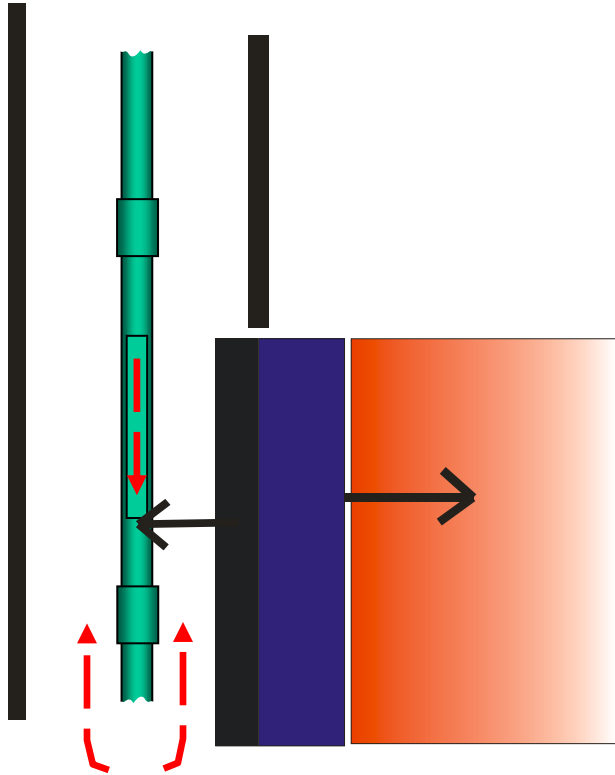


Модели гидродинамических и геомеханических процессов при бурении скважин



Нелинейные законы фильтрации:
Предельный градиент, Forchheimer law,...

Динамика глинистой корки

Механические напряжения в породе:
Проницаемость, анизотропия, ...

Условия бурения:

- Минимальное воздействие на продуктивный пласт (буровой раствор, давление)
- Оптимизация проходки скважин (анизотропия напряжений)
- Увеличение добычи (проницаемость, ее анизотропия)
- Возможность проводить измерения

Нелинейные законы фильтрации

$$\mathbf{q} = -\frac{k}{\mu} \nabla p$$

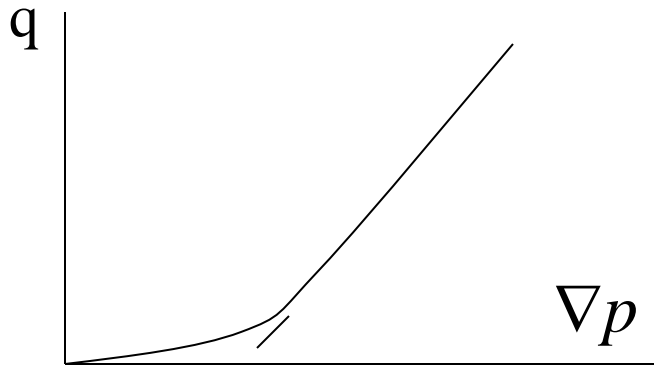
- закон Дарси

$$\nabla p = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\mu}{k} + \beta |\mathbf{q}| \right) \mathbf{q}$$

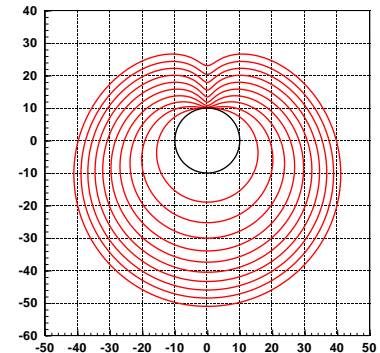
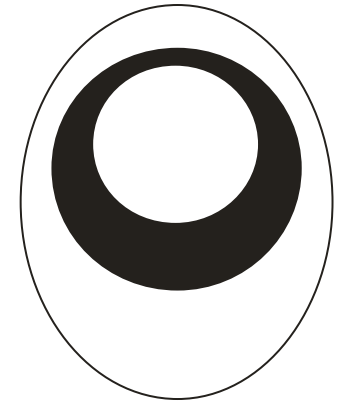
- Forchheimer law

Большие скорости фильтрации, газовые скважины

- Фильтрация с предельным градиентом
парафиновые нефти



Динамика зоны проникновения -
Горизонтальная скважина,
тяжелый буровой раствор



Проблемы:

- анизотропия проницаемости
- зависимость проницаемости от деформаций
- учет кислотности флюида
- горизонтальные скважины

- ионный состав флюидов, электроосмос
- фазовые проницаемости
- капиллярное давление

$$\mathbf{q} = f(\nabla p, \nabla \phi, \nabla c)$$

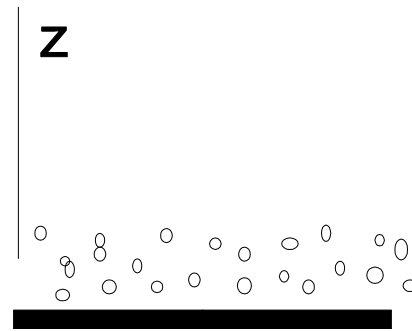
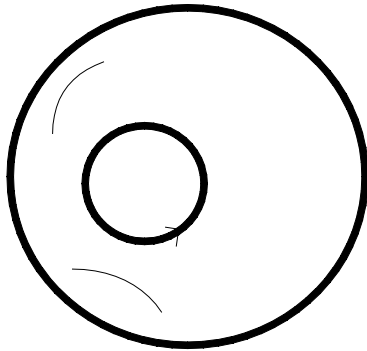
Динамика глинистой корки

Fisher K.A. et al (2000)

Stamatakis K., Tien C. (1991)

Bürger R., et al (2001)

$$\frac{\partial \sigma}{\partial t} + \frac{[\rho_s \varphi_s u_s]}{[\rho_s \varphi_s]} = - \frac{[\rho_s \varphi_s w_s]}{[\rho_s \varphi_s]} \cdot \frac{\partial \sigma}{\partial x_3} - \frac{[\rho_s \varphi_s v_s]}{[\rho_s \varphi_s](R_0 - \sigma)} \cdot \frac{\partial \sigma}{\partial \theta}$$



Вертикальная скважина с экс.
и вращением буровой колонны

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial z} [q(t)\varphi + f(\varphi)] = \frac{\partial}{\partial z} \left(- \frac{f(\varphi)\sigma'_e(\varphi)}{g\Delta\rho\varphi} \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right)$$

- Tien C., Teoh S.K., Tan R.B.H. (2001) Chem Eng Sci. v. 56, 5361-5369.
- Bürger R., Concha F., Karlsen K.H. (2001) Chem Eng Sci. v.56, 4537-4553.
- Шелухин В.В. (2005) Квазистационарная седиментация с адсорбцией // ПМТФ

Проницаемость и механические напряжения

Этапы: упругий, пластический, разрушения. гидроразрыв

$$\frac{k}{k_0} = e^{-\alpha p_e / \mu}, \quad p_e = \phi p - \left(\lambda + \frac{2}{3} \mu \right) \text{tr } E$$

k / k_0

