

Глава 3

Эффект влияния объема ствола скважины на перераспределение забойного давления

Содержание

3.1 Определение

3.2 Коэффициент C_s в фонтанирующих скважинах

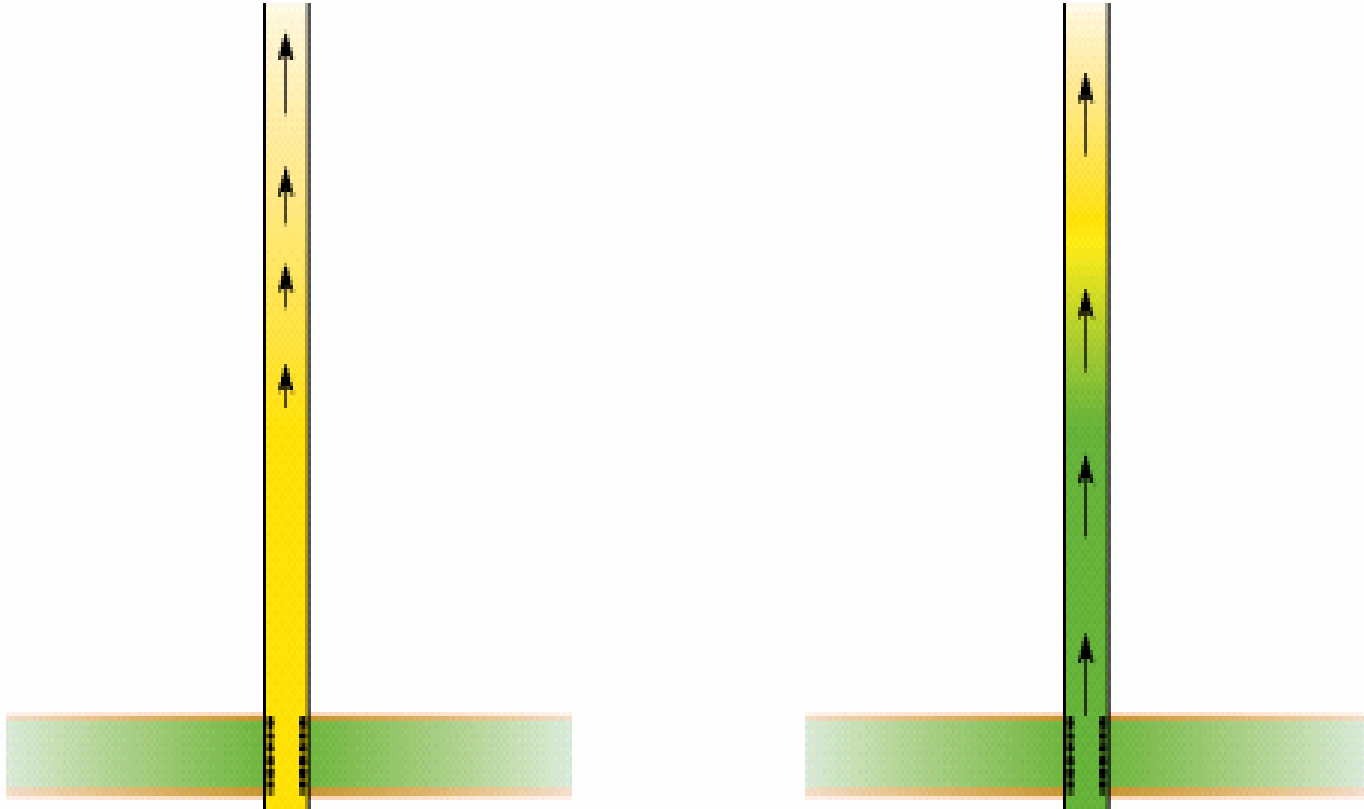
3.3 Коэффициент C_s в скважинах, оборудованных насосом

3.4 Давление в начальный период влияния объема ствола скважины

3.5 Приток из пласта в период влияния объема ствола скважины

3.6 Конец эффекта влияния объема ствола скважины

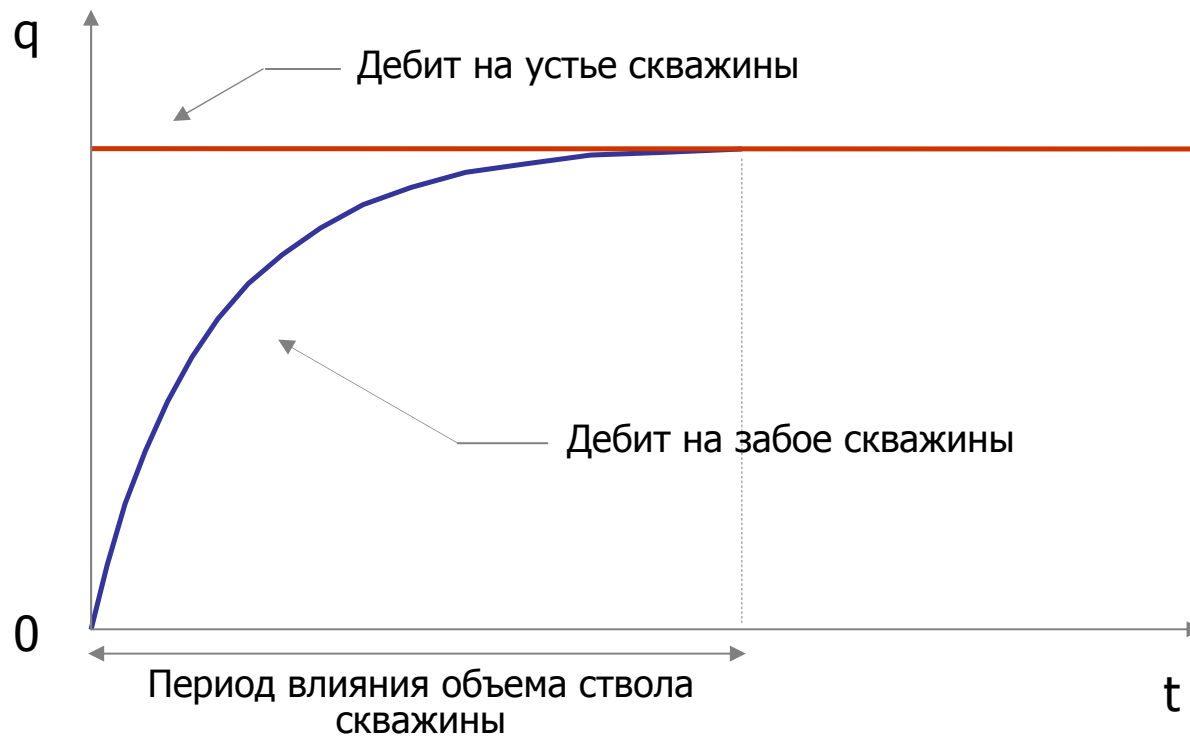
3.1 Определение



3.1 Определение

- Анализ данных ГДИС – анализ реакции забойного давления на изменение дебита скважины
- Во многих исследованиях дебит контролируется на устье скважины
- Однако постоянство дебита на устье скважины не означает постоянства дебита на забое из-за эффектов, происходящих в стволе скважины
- Это явление называется **влиянием объема ствола скважины (ВСС)** на перераспределение забойного давления
- ВСС может быть вызван несколькими причинами. Две основные:
 - Расширение/сжатие флюида в стволе скважины
 - Меняющийся уровень флюида в стволе скважины

3.1 Определение



$$C_s = -\frac{\Delta V}{\Delta P} \quad \text{— коэффициент влияния объема ствола скважины}$$

3.1 Определение

- Период, когда дебит на забое меняется, называется **периодом влияния объема ствола скважины**
- ВСС характеризуется **коэффициентом влияния объема ствола скважины C_s** , который определяется как изменение объема флюида в стволе скважины на единицу изменения забойного давления: $C_s = -\Delta V / \Delta P$
- Единицы измерения C_s [$\text{м}^3/\text{атм}$]

3.2 Коэффициент C_s в фонтанирующих скважинах

$$C_s = -\frac{\Delta V}{\Delta P}$$

$$\Delta V = -cV_w \Delta P$$

$$C_s = c \cdot V_w$$

V_w – объем флюида в стволе скважины [м^3]

c – сжимаемость флюида в стволе скважины [атм^{-1}]

3.2 Коэффициент C_s в фонтанирующих скважинах

- Рассмотрим исследование скважины по методу КПД
- В момент времени $t = 0$ скважина мгновенно пускается в эксплуатацию (после продолжительного периода простоя) с постоянным дебитом q
- Дебит на поверхности мгновенно меняется с 0 до q . Однако дебит на забое увеличивается постепенно
- Первоначальная добыча поддерживается за счет сжимаемости столба флюида в стволе скважины, который изначально сжат до пластового давления P_i
- По мере добычи забойное давление падает, приток из пласта постепенно увеличивается
- Расширение флюида в стволе скважины подчиняется уравнению:

$$\Delta V = -cV_w \Delta P$$

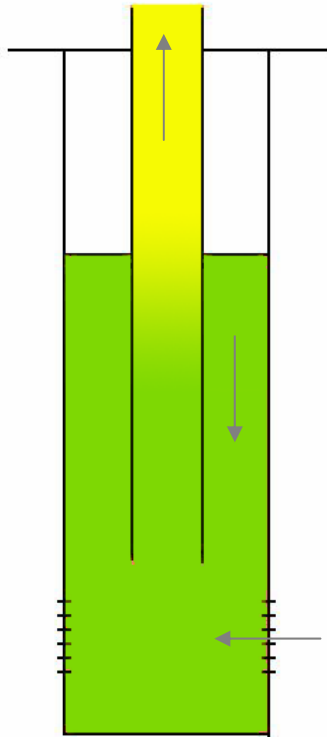
- Отсюда

$$C_s = c \cdot V_w$$

Здесь V_w – объем ствола скважины [м^3]; c – сжимаемость флюида [атм^{-1}]

- Порядок величины: 0,01–0,1 $\text{м}^3/\text{атм}$

3.3 Коэффициент C_s в скважинах, оборудованных насосом



$$C_s = -\frac{\Delta V}{\Delta P}$$

$$\Delta V = V_u \Delta h$$

$$\Delta P = 101325^{-1} \rho g \Delta h$$

$$C_s = 101325 \frac{V_u}{\rho g}$$

V_u – объем ствола скважины, приходящийся на единицу длины [м^2]

Δh – изменение уровня флюида в скважине [м]

3.3 Коэффициент C_s в скважинах, оборудованных насосом

- В скважинах, оборудованных насосом, изменение в объеме скважинного флюида зависит от меняющегося уровня этого флюида в скважине:

$$\Delta V = V_u \Delta h$$

где V_u – объем ствола скважины, приходящийся на единицу длины [м^2]
 Δh – изменение уровня флюида в скважине [м]

- Изменение забойного давления также зависит от изменения уровня флюида в скважине Δh :

$$\Delta P = 101325^{-1} \rho g \Delta h$$

ρ - плотность флюида, находящегося в стволе скважины [$\text{кг}/\text{м}^3$]

- Следовательно

$$C = 101325 \frac{V_u}{\rho g}$$

- ВСС в таких скважинах значительно больше ВСС в фонтанирующих скважинах: порядок величины 0,1– 1 $\text{м}^3/\text{атм}$
- Восстановление давления в таких скважинах **всегда** подвержено ВСС: когда приток из пласта останавливается, восстановление давления заканчивается

3.4 Давление в начальный период влияния объема ствола скважины

$$\Delta P = \frac{qBt}{24 \cdot C_s}$$

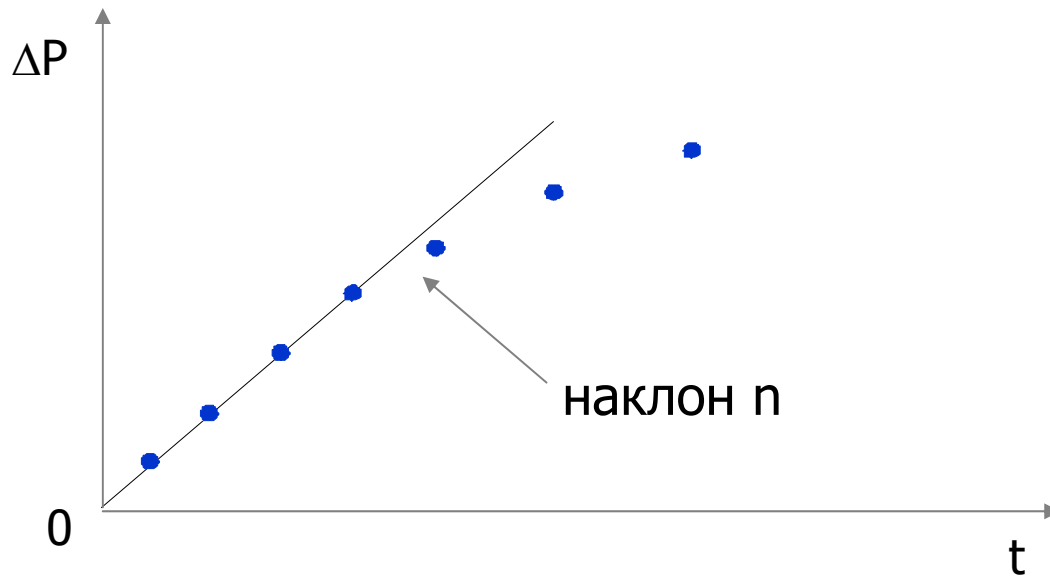
- ΔP – изменение забойного давления, [атм]
 q – поверхностный дебит, [м³/сут]
 B – объемный коэффициент
 t – время, [часы]
 C_s – коэффициент влияния объема ствола скважины, [м³/атм]

3.4 Давление в начальный период влияния объема ствола скважины

- После пуска скважины на забойное давление в основном влияет ствол скважины, приток из пласта ~ 0
- Зависимость давления от времени принимает вид:
$$\Delta P = \frac{qVt}{24 \cdot C_s}$$
- Где ΔP – изменение забойного давления, [атм]; q – поверхностный дебит, [м³/сут]; V – объемный коэффициент; t – время, [часы]; C_s – коэффициент влияния объема ствола скважины, [м³/атм]

3.4 Давление в начальный период влияния объема ствола скважины

$$\Delta P = \frac{qBt}{24 \cdot C_s} \quad , \quad \text{если } C_s \text{ — константа, тогда}$$



$$C_s = \frac{qB}{24 \cdot n}$$

3.4 Давление в начальный период влияния объема ствола скважины

- Если эффект влияния ствола скважины постоянен, то в течение времени, когда основная добыча идет за счет расширения флюида в стволе скважины (приток из пласта ~ 0), забойное давление меняется линейно со временем:

$$\Delta P = \frac{qBt}{24 \cdot C_s}$$

- Наклон прямой линии n используется для вычисления коэффициента влияния объема ствола скважины:

$$C_s = \frac{qB}{24 \cdot n}$$

- Эффект влияния ствола скважины может быть непостоянным из-за:
 - выделения/растворения газа в стволе скважины при изменении давления
 - разделения флюидов в стволе скважины

3.5 Приток из пласта в период влияния объема ствола скважины

$$q_f = q + \frac{24C_s}{B} \frac{dP}{dt}$$

q_f – приток из пласта в поверхностных условиях, [м³/сут]

3.5 Приток из пласта в период влияния объема ствола скважины

- Когда скважина пускается в работу, эффект влияния объема ствола скважины задерживает приток из пласта
- Приток из пласта в стандартных условиях дается уравнением:

$$q_f = q + \frac{24C_s}{B} \frac{dP}{dt}$$

- Где q_f – приток из пласта в поверхностных условиях, [м³/сут]; q – поверхностный дебит, [м³/сут]; B – объемный коэффициент; t – время, [часы]; P – давление, [атм]; C_s – коэффициент влияния объема ствола скважины, [м³/атм]

3.6 Конец эффекта влияния объема ствола скважины

Критерий Рамея (Ramey):

$$t = \frac{(26531 + 1547 \cdot S) \cdot C_s}{kh/\mu}$$

Критерий Чена (Chen) и Бригхама (Brigham):

$$t = \frac{22109 \cdot C_s \exp(0.14 \cdot S)}{kh/\mu}$$

t - время [часы]; C_s - коэффициент влияния объема ствола скважины [$\text{м}^3/\text{атм}$]; k - проницаемость [миллидарси]; h - мощность пласта [м]; μ - вязкость [спз]

3.6 Конец эффекта влияния объема ствола скважины

- Существует три правила определения конца периода ВСС:
 - Правило Раменя (Ramey):

$$t = \frac{(26531 + 1547 \cdot S) \cdot C_s}{kh/\mu}$$

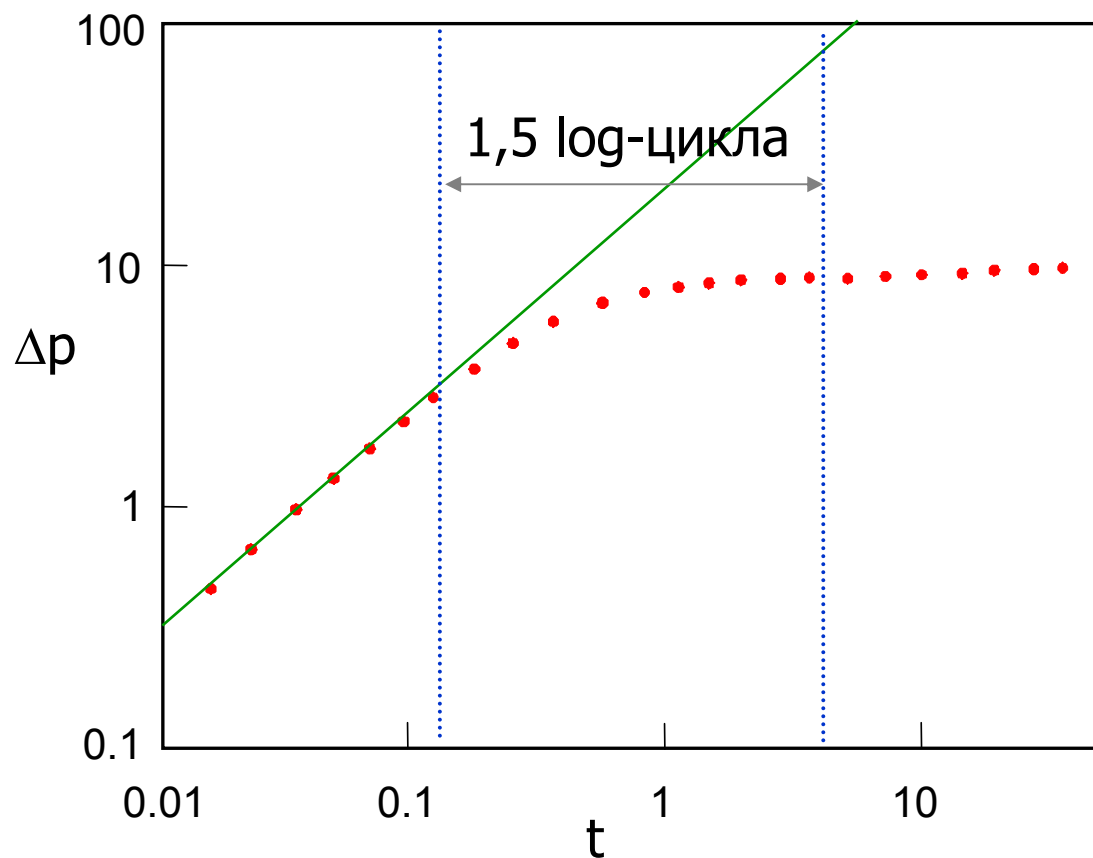
- Правило Чена и Бригхама (Chen and Brigham)

$$t = \frac{22109 \cdot C_s \exp(0.14 \cdot S)}{kh/\mu}$$

где k – проницаемость, [миллидарси]; h – мощность пласта, [м]; μ – вязкость, [спз]; s – скин-фактор

3.6 Конец эффекта влияния объема ствола скважины

Эмпирическое правило:



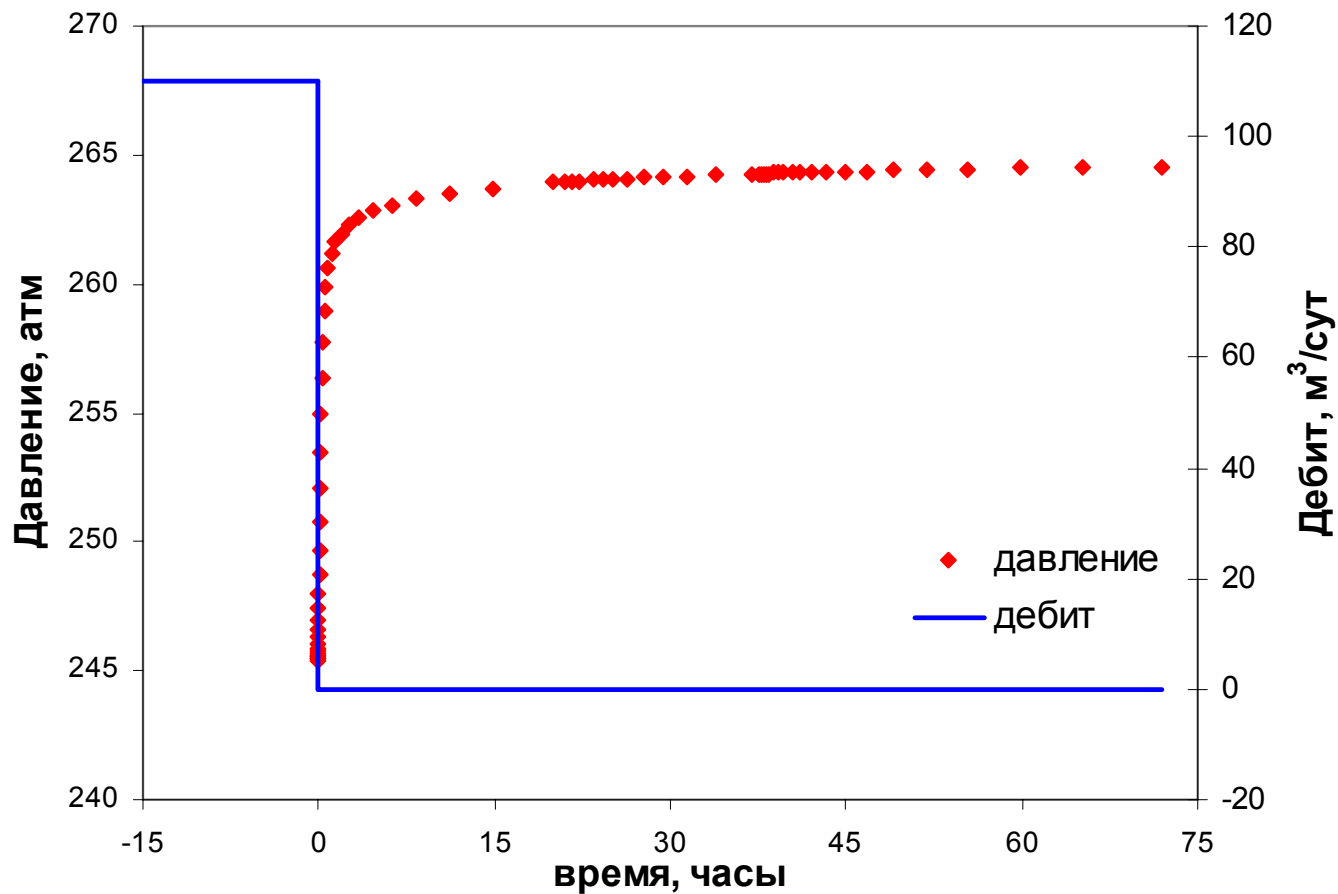
3.6 Конец эффекта влияния объема ствола скважины

- Эмпирическое правило:

Если нанести график забойного давления как функцию от времени в билогарифмических координатах, то конец периода ВСС определяется как время, которое отстоит от конца доминирующего ВСС (единичный наклон) на 1,5 логарифмических цикла

Упражнение 1

Было проведено исследование по КВД. Данные давления представлены на рисунке



Задание: Определите коэффициент ВСС

Упражнение 1

Исходные данные

Объемный коэффициент нефти	B	1	$\text{м}^3/\text{м}^3$
Дебит	q	110	$\text{м}^3/\text{сут}$

Контрольные вопросы к главе 3

1. Объясните суть эффекта влияния объема ствола скважины
2. Назовите величину, характеризующую данный эффект
3. В каких скважинах (фонтанирующих или скважинах, оборудованных насосом) эффект влияния объема ствола скважины более значителен
4. В начальный период влияния объема ствола скважины зависимость давления от времени:
 - линейная;
 - логарифмическая;
 - квадратичная
5. Назовите основные параметры системы, влияющие на длительность влияния эффекта ствола скважины