

Лекция 3

Исследования скважин на нестационарных режимах

Цель исследования на НР

- **оценка г/д совершенства скважины, ФЕС пласта по изменению давления, т.е. получение зависимости $P_{заб}=f(t)$ после изменения режима работы скважины**
- **Исследование проводится методом неустановившихся отборов**

Метод неустановившихся отборов

основан на снятии

КВД

в фонтанных скважинах

КВУ

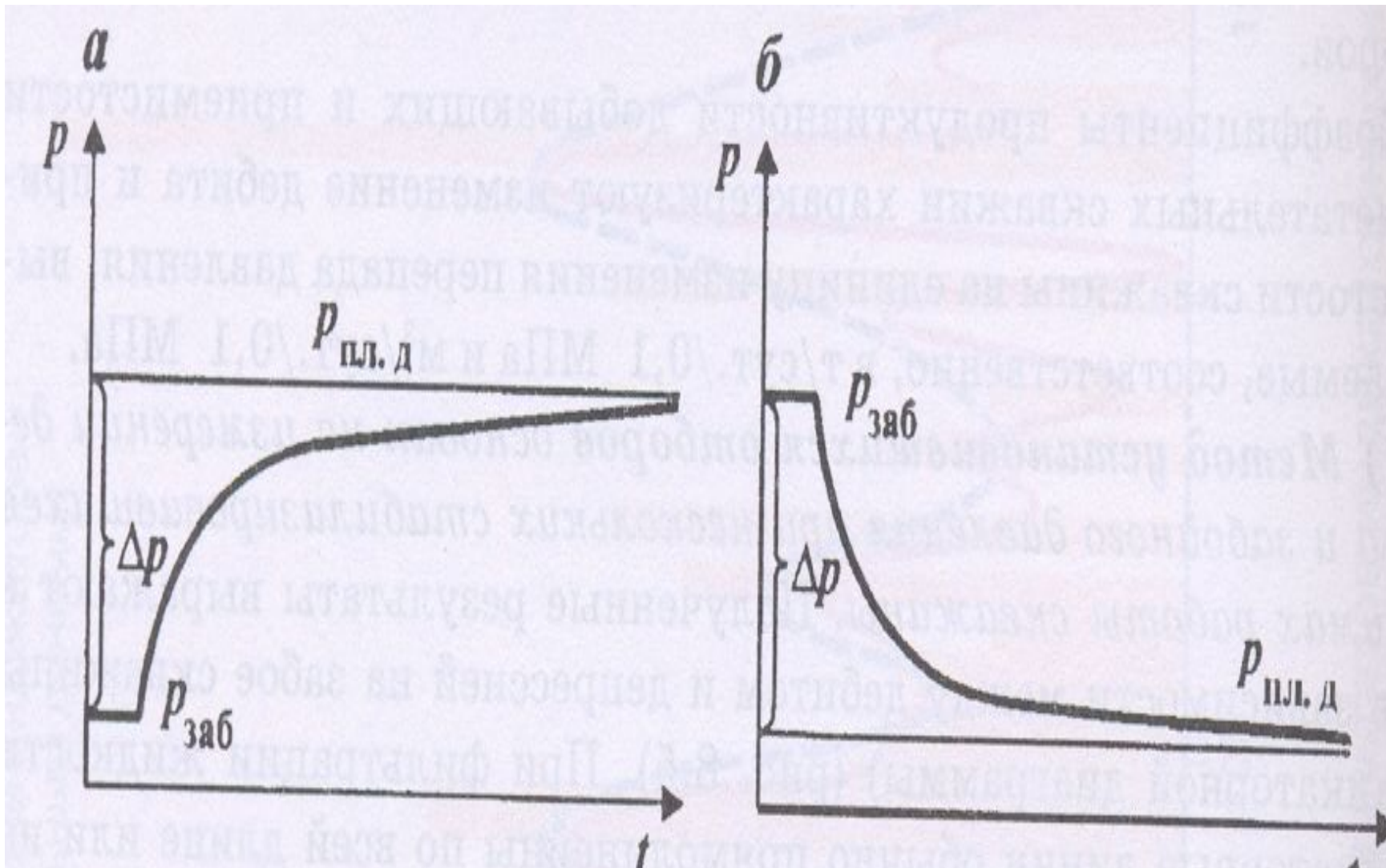
в механизированных скважинах

КПД

в нагнетательных скважинах

ТИПИЧНЫЕ КВД (КГД)

в добывающей (а) и нагнетательной (б) скважинах
Рпл.д. – пластовое динамическое давление, Рзаб. – забойной
давление

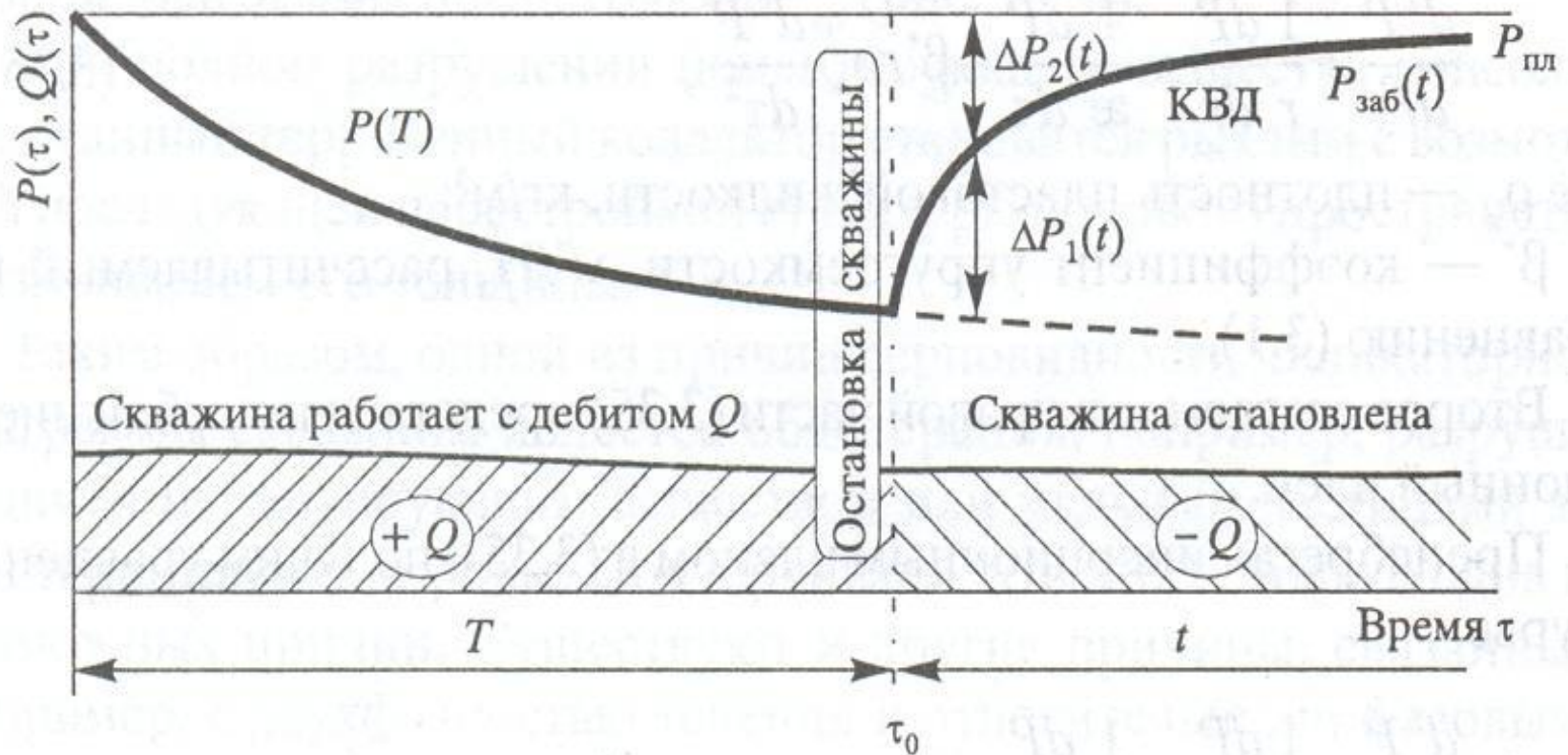


ТЕХНОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОМ КВД

- Перед исследованием скважины (при работе ее на СР) измеряется дебит скважины
- В работающую скважину спускают на забой глубинный манометр. После контроля стационарности режима работы скважину закрывают на устье
- Манометр после остановки скважины регистрирует выполаживающую КВД **от забойного до динамического пластового**
- по окончании исследования скважину

Схема изменения давления и дебита скважины до и во время исследования методом КВД

- $P(T)$ -изменение давления в период времени T работы скважины с постоянным дебитом Q . – момент остановки, t -время остановки. $P_{заб}(t)$ - восстановление забойного давления



методики обработки КВД

- **Без учета притока**
(м. Минеева, Хорнера)
- **С учетом притока**
(дифференциальный, интегральный м.)

ИССЛЕДОВАНИЕ СКВАЖИНЫ НА НР

- Основано на **теории упругого режима** и **уравнении пьезопроводности**
- Изменение **режима работы скважины** сопровождается **перераспределением давления** вокруг нее и **зависит от пьезопроводности зоны реагирования**

- уравнение пьезопроводности**

$$\nabla^2 P = \frac{1}{\chi} \frac{dP}{d\tau}$$

Оператор Лапласа (диф. оператор в линейной системе гладких функций) эквивалентен последовательному $\Delta = \text{div grad}$ операций градиента и дивергенции:

В декартовой системе координат обозначается скалярным произведением оператора на $\Delta = \nabla \cdot \nabla = \nabla^2$.

χ – коэф. пьезопроводности, м²/с; τ – время, с

уравнение Фурье – преобразование уравнения пьезопроводности для одиночной скважины, расположенной в однородном неограниченном пласте, насыщенном однородной жидкостью

$$\frac{d^2 P}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dP}{dr} = \frac{1}{\chi} \frac{dP}{d\tau}$$

Решение уравнения Фурье

$$\Delta P(t, r) = -\frac{Q\mu b}{4\pi kh} E_i \left[-\frac{r_{np}^2}{4\chi t} \right]$$

- Выражение предполагает, что скважина закрыта на забое и ее дебит в момент времени t_0 (остановка) мгновенно становится равным нулю
- Для практического использования выражение является достаточно сложным (необходимо иметь табулированное значение экспоненциальной интегральной функции)
- Для упрощения экспоненциальную интегральную функцию раскладывают в ряд Тейлора и ограничивают число членов разложения (**получают ур. Маскета**)

Решение уравнения Фурье, полученное Маскетом

$$\Delta P(t) = \frac{Q\mu b}{4\pi kh} \ln \frac{2,25 \chi t}{r_{np}^2}$$

лежит в основе обработки КВД без учета притока, получаемых в результате исследования скважин при работе на НР, **при этом неоднородность ПЗ учитывается при помощи скин-эффекта или приведенного радиуса скважины**

- Решение справедливо для случая закрытия скважины на забое, когда дебит мгновенно становится равным нулю (что практически неосуществимо)
- При обработке без учета притока

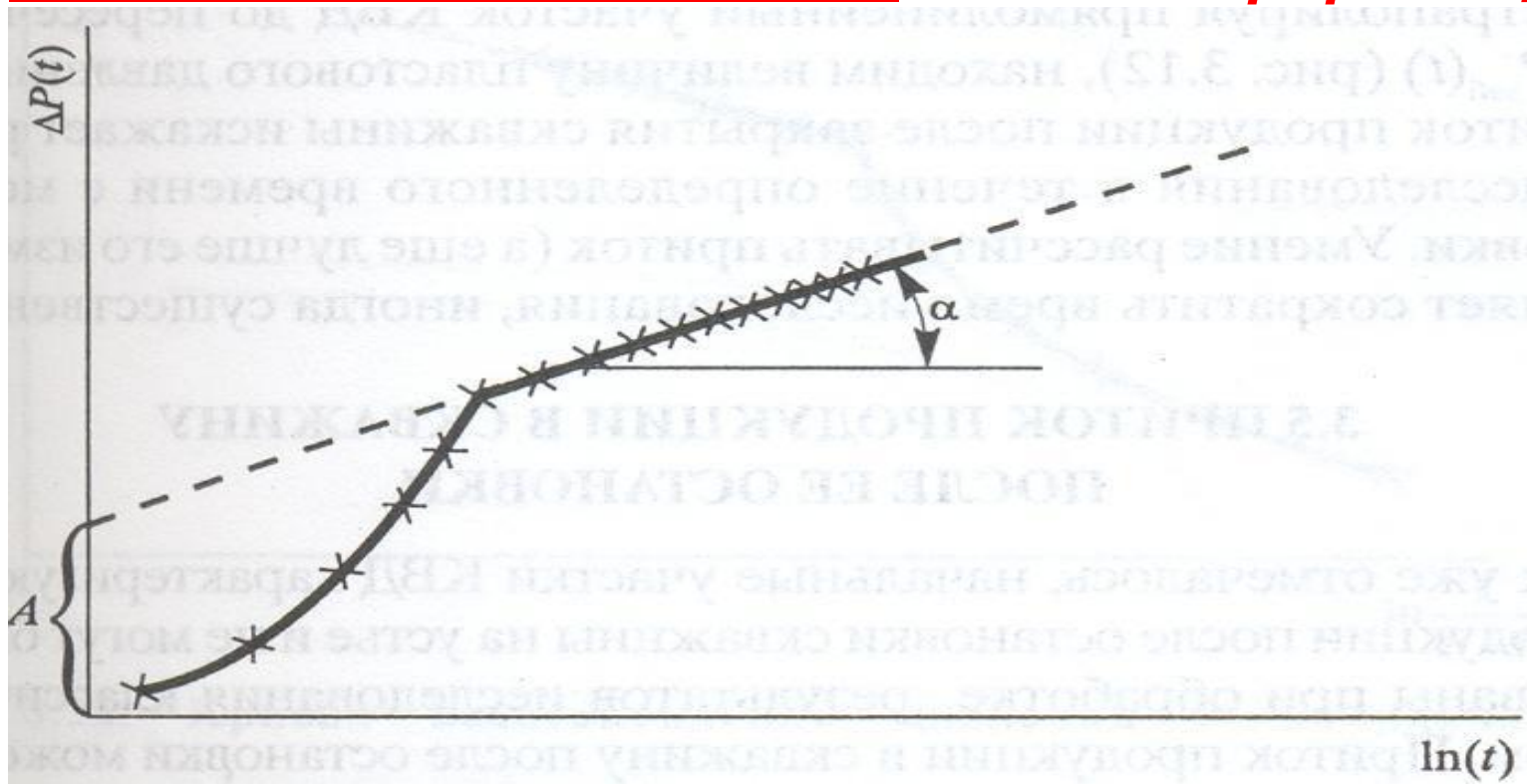
выполаживающую **КВД**, записанную манометром,
линеаризуют, используя основное свойство логарисма

$$\Delta P(t) = \frac{Q\mu b}{4\pi kh} \ln \frac{2,25 \chi}{r_{np}^2} + \frac{Q\mu b}{4\pi kh} \ln t$$

Уравнение Маскета для линеаризованной КВД

- в координатах « $\Delta P(t) - \ln t$ » принимает вид **$\Delta P(t)$**
 $= A + B \cdot x$

- Начальный участок КВД отклоняется от линейной зависимости
- Из-за несоответствия математического аппарата процессам, происходящим в пласте, **начальный участок КВД не может быть использован для интерпретации**



а

Причины, искажающие начальный участок КВД:

- **Продолжающийся приток жидкости в скважину после ее остановки**
- **Нарушение геометрии потока в ПЗ**
- **Нарушение режима работы скважины перед остановкой**
- **Влияние границ пласта**
- **Неизотермичность процесса восстановления давления**

Время выхода КВД на начало прямолинейного участка для месторождений ЗС ЮТС

- Терригенные коллекторы не менее 62 часов ($I_{gt}=5,35$)
- Карбонатные коллекторы не менее 130 часов ($I_{gt}=5,67$)
- Перегибы на КВД в координатах $\Delta P(t) - I_{gt}$, снятых в скважинах, дренирующих карбонатный коллектор, отсутствуют. Это указывает на малую емкость межблокового полостного пространства. Обмен жидкостью между блоками и трещинами заканчивается с выходом КВД на прямолинейный участок

Обработка результатов исследований без учета притока
методом Минеева

1. Экстраполируют линейную часть КВД до пересечения с осью $\Delta P(t)$ получают численную величину отрезка А

$$A = \frac{Q\mu b}{4\pi kh} \ln \frac{2,25\chi}{r_{np}^2}$$

2. Угол наклона прямолинейного участка КВД характеризует угловой коэффициент В

$$tg\alpha = B = \frac{Q\mu b}{4\pi kh}$$

3. рассчитывают коэффициент гидропроводности kh/μ

(Q до остановки и объемный коэффициент b (по результатам отбора проб) известны)

$$\frac{kh}{\mu} = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} \cdot \frac{Qb}{4\pi}$$

4. рассчитывают коэффициент подвижности k/μ при

известной толщине пласта

5. рассчитывают проницаемость зоны реагирования k

при известной вязкости флюида

6. рассчитав $\beta^* = (m\beta_{\text{ж}} + \beta_{\text{п}})$, по известному k/μ рассчитывается коэффициент пьезопроводности

зоны реагирования $\alpha = k/\mu \cdot \beta$

7. Используя вычисленные значения kh/μ и α ,

вычисляют приведенный радиус скважины $r_{\text{пр}}$

Обработка КВД по методу Хорнера

- используется, если период работы скважины до остановки T соизмерим с периодом остановки t ($T \approx t$)

$$P_{заб}(t) = P_{пл} - \frac{Q\mu b}{4\pi kh} \ln \frac{T+t}{t}$$

- Обработка результатов **по методу Хорнера** ведется в координатах « $P_{заб}(t) - \ln T+t/t$ »



- кроме параметров kh/μ , k/μ , k можно определить пластовое давление $P_{пл}$

Экстраполируя прямолинейный участок КВД до пересечения с осью $P_{заб}(t)$, находят величину пластового давления $P_{пл}$. **Остальные шаги аналогичны методу Минеева**