

**38 СЕМИНАР  
«СОВРЕМЕННЫЕ ГДИС: ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ И  
ЗАРУБЕЖНЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ОБРАБОТКИ ДАННЫХ»**

**«КЛУБ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ СКВАЖИН»**

**Руководитель**

**ШАГИЕВ РУДОЛЬФ ГИНДУЛЛАВИЧ**

**Д.т.н., профессор кафедры «НЕФТЕГАЗОВЫЙ  
БИЗНЕС»**

**20-23 мая 2003 года**

**г. Москва**

## ПРОГРАММНЫЕ ПРОДУКТЫ

1. «ГДИ- эффект» - ОАО ЦГЭ.
2. «Гидра-ТЕСТ» - РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина.
3. «Интерпретатор –М» - «НИПИморнефть».
4. «Saphir» - «КАРРА» , Франция.
5. «PanSistem» - «Edinburgh Petroleum Services Ltd».
6. «INTERPRET-2001» - « Baker Hughes».
7. «PIE» - «Well Test Solution», Великобритания.

# «ГДИ- эффект» - ОАО ЦГЭ

Докладчики: к.т.н. Боганик В.Н., Медведев А.И., Пестрикова Н.А.

## Возможности системы «ГДИ- эффект»:

**1. Режимы исследований:** КВД, КПД, ИК, КП.

**2. Методы:** Хорнера, Дарси, Маскета, дифференциальный.

**3. Модели** – аналитические (однородный пласт).

**4. Диагностические критерии:** (производная давления – Log-log)

**5. Определяемые параметры:**

пластовое давление; -

продуктивность; -

гидропроводность; -

скин - фактор; -

радиус контура питания.

**Реализованы классические алгоритмы ГДИС (1950-1970 г.г.).**

**Уровень оперативной экспресс обработки.**

# «Гидра-ТЕСТ» - РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина.

Докладчик - д.т.н., профессор Кременецкий М.И.

## Возможности системы «Гидра-ТЕСТ» :

- 1. Режимы исследований:** КВД, КПД, ИК, КП, КВУ, Гидропрослушивание.
- 2. Методы:** Хорнера, Дарси, Маскета, дифференциальный, **совмещения** (рекомендован в качестве базового !).
- 3. Модели:** аналитические(однородный пласт, учет притока), численное решение интегрального уравнения свертки.
- 4. Диагностические критерии:** (производная давления - Log-log)
- 5. Определяемые параметры:**
  - пластовое давление; -
  - продуктивность; -
  - гидропроводность;
    - скин - фактор;
    - пьезопроводность;
    - радиус контура питания.

Реализованы классические алгоритмы ГДИС (1950-1980 г.г.).

Уровень оперативной обработки.

# «Интерпретатор –М» - «НИПИморнефть».

Докладчик - д.т.н., профессор Кульпин Л.Г.

## Возможности системы «Интерпретатор –М» :

- 1. Режимы исследований:** КВД, КПД, Гидропрослушивание.
- 2. Методы:** Хорнера, дифференциальный, **детерминированных моментов, совмещения.**
- 3. Модели:** аналитические(однородный пласт, трещиновато- пористый, пласт с ухудшенной прискважинной зоной, экранированные пласты, учет притока). Модели экранированных пластов патентованы.
- 4. Диагностические критерии:** (спектр критериев -производная давления - Log-log, функция однородности, функция принадлежности. Автоматическая классификация (выбор) модели. )
- 5. Определяемые параметры:**
  - пластовое давление; -
  - фильтрационные параметры; -
  - скин - фактор; -
  - радиус неоднородности; -
  - геометрическая модель экранирования;
    - угол раствора клина;
    - расстояние до границ(расстояние до точки пересечения границ).

**Реализованы классические и оригинальные алгоритмы ГДИС.**

**Уровень детальной обработки. 1970- 1991 г.г.**

# «SARHIP» - «КАРРА» , Франция.

Докладчик- технический директор Оливье Алан

## Возможности системы «SARHIP» :

- 1. Режимы исследований:** КВД, КПД, гидропрослушивание, моделирование групп скважин.
- 2. Методы:** Классический анализ ( методы Хорнера, дифференциальный и т. д.) . **Нелинейная регрессия** (методы **совмещения** , **оптимизации при ограничениях**). Методы регуляризации.
- 3. Модели:** - аналитические(порядка 150); - численные(однофазная двухмерная фильтрация с заданием границ, различных экранов, зон неоднородностей вокруг скважин и т.д.).
- 4. Диагностические критерии:** (спектр критериев- производная давления - Log-log, и т.п. Автоматическая классификация (подсказка) модели. )
- 5. Определяемые параметры:** -  
пластовые давления (поле давлений);
  - фильтрационные параметры;
  - скин - фактор;
  - радиус неоднородности;
  - геометрическая модель экранирования;
  - расстояние до границ.

Современный уровень детальной обработки ГДИС. 1970- 1995 г.г.

# «PanSistem» - «Edinburgh Petroleum Services Ltd»

Докладчик - научный сотрудник ТПУ Кулагина Т.В., Heriot – Watt

## Возможности системы «PanSistem» :

- 1. Режимы исследований:** КВД, КПД, ИК, гидропрослушивание.
- 2. Методы:** Классический анализ ( методы Хорнера, дифференциальный и т.д.) .Типовые кривые (полетки). **Нелинейная регрессия** (методы-совмещения, оптимизации ).
- 3. Модели:** - аналитические(порядка 30 моделей, включая экранированные пласты, типовые кривые для границ).
- 4. Диагностические критерии:** (спектр критериев- производная давления - Log-log, и т.п.)
- 5. Определяемые параметры:**
  - пластовое давление ; -
  - фильтрационные параметры; -
  - скин - фактор; -
  - радиус неоднородности; -
  - геометрическая модель экранирования;
  - расстояние до границ.

Уровень детальной обработки ГДИС. 1970- 1991 г.г.

# «INTERPRET – 2001 » - « Baker Hughes».

Докладчик –менеджер Lukas Ostrowski (Polish)

## Возможности системы «INTERPRET – 2001 » :

- 1. Режимы исследований:** КВД, КПД, ИК, гидропрослушивание.
- 2. Методы:** Классический анализ ( методы Хорнера, дифференциальный и т.д.) .Типовые кривые (полетки). **Нелинейная регрессия** (методы-совмещения, оптимизации ).
- 3. Модели:** - аналитические(порядка 30-50 моделей, включая экранированные пласты, типовые кривые для границ).
- 4. Диагностические критерии:** (спектр критериев- производная давления - Log-log, и т.п. Автоматическая классификация модели.)
- 5. Определяемые параметры:**
  - пластовое давление ; -
  - фильтрационные параметры; -
  - скин - фактор; -
  - радиус неоднородности; -
  - геометрическая модель экранирования;
  - расстояние до границ.

Уровень детальной обработки ГДИС. 1970- 1991 г.г.

# «PIE» - «Well Test Solution», Великобритания

Докладчик – научный сотрудник ИНБ Гончаров А.М.

## Возможности системы «PIE» :

- 1. Режимы исследований:** КВД, КПД, ИК, гидропрослушивание.
- 2. Методы:** Классический анализ ( методы Хорнера, дифференциальный и т.д.) .Типовые кривые (полетки). **Нелинейная регрессия** (методы-совмещения, оптимизации ).
- 3. Модели:** - аналитические(порядка 150 – все разумные комбинации моделей); численные (одномерная однофазная фильтрация).
- 4. Диагностические критерии:** (спектр критериев- производная давления - Log-log, и т.п. Автоматическая классификация модели.)
- 5. Определяемые параметры:**
  - пластовое давление; -
  - фильтрационные параметры; -
  - скин - фактор; -
  - радиус неоднородности; -
  - геометрическая модель экранирования;
  - расстояние до границ.

Современный уровень детальной обработки ГДИС. 1970- 1995 г.г.

## ДРУГИЕ ПРОГРАММНЫЕ ПРОДУКТЫ ОБРАБОТКИ ГДИС

1. «**TESTAR**» - ЗАО «Информпласт».
2. «**Automate**» - USA .
3. «**WellTest**» - Schlumberger.
4. «**FeKeTe**» - «Fekete».

.....

## СОВРЕМЕННЫЙ УРОВЕНЬ ОБРАБОТКИ ГДИС:

1. «**Saphir**» - «**КАРРА**» , Франция.
2. «**Automate**» - USA.
3. «**INTERPRET – 2001** » - « **Baker Hughes**».
4. «**PIE**» - «**Well Test Solution**», Великобритания.
5. «**Интерпретатор –М**» - «**НИПИморнефть**».

# **НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ГДИС**

## **ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГДИС ПО КВД НА ОСНОВЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ**

**Докладчик – д.т.н., Сергеев В.Л., менеджер «ТомскНИПИнефть» ВНК**

**634027, г.Томск, пр. Мира, 72. т.(382-2) 72-08 –77,**

**E-mail: [SergeevVL@nipineft.tomsk.ru](mailto:SergeevVL@nipineft.tomsk.ru),**

**E-mail: [SVL@mail.tomsknet.ru](mailto:SVL@mail.tomsknet.ru).**

# ИНТЕГРИРОВАННАЯ СТОХАСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА МОДЕЛЕЙ

$$\left\{ \begin{array}{l} P_3^* = F(t, \mathbf{a}, q) + \xi \\ \overline{P_{nl}} = F(T, \mathbf{a}, q) + \eta_1, \\ Z\overline{\mathbf{a}} = R\mathbf{a} + \eta_2, \\ \overline{S} = \int_{t_0}^T q(\tau, \mathbf{a}_1) d\tau + \eta_3. \end{array} \right.$$

$F(t, \mathbf{a}, q)$  - Модель КВД.

$\overline{P_{nl}}, \overline{\mathbf{a}}, \overline{S}$  - Дополнительные данные (информация о пластовом давлении, априорные данные о параметрах пласта, данные о накопленной жидкости после остановки скважины).

$\xi, \eta_1, \eta_2, \eta_3$  - Случайные величины (ошибки измерений, ошибки в априорных данных).

# АЛГОРИТМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ

Решение двух оптимизационных задач:

$$(1) \quad \boldsymbol{\alpha}^* (\mathbf{k}, \bar{P}_{пл}, \bar{\boldsymbol{\alpha}}, \bar{S}) = \underset{\boldsymbol{\alpha}}{\mathbf{arg\,min}} \Phi(\boldsymbol{\alpha}, \mathbf{k})$$

$$(2) \quad \mathbf{k}^* = \underset{\mathbf{k}}{\mathbf{arg\,min}} J(\boldsymbol{\alpha}^* (\mathbf{k}, \bar{P}_{пл}, \bar{\boldsymbol{\alpha}}, \bar{S}))$$

$\Phi(\bullet), J(\bullet)$  - Функционалы(критерии) качества.

$\boldsymbol{\alpha}^* (\mathbf{k}, \bar{P}_{пл}, \bar{\boldsymbol{\alpha}}, \bar{S})$  - Оценки параметров пласта и скважины.

$\mathbf{k}^*$  - Оценки параметров «влияния» априорных данных.

Из (1) следует:

- Классическая оценка параметров пласта методом наилучшего совмещения измеренной и восстановленной КВД -

$$\boldsymbol{\alpha}^* (0)$$

# КАЧЕСТВО АЛГОРИТМОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ

## 1. УСТОЙЧИВОСТЬ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ:

1.1. Проблем плохой обусловленности матриц не существует.

1.2. Работоспособность алгоритмов при любом объеме измерений КВД.

1.3. Допустимы аномальные значения(выбросы) в измерениях и априорных данных.

## 2. ВЫСОКАЯ ТОЧНОСТЬ ОЦЕНОК ПАРАМЕТРОВ ПЛАСТА:

$$\delta \mathbf{a}^* (\mathbf{k}^*, \bar{P}_{пл}, \bar{\mathbf{a}}, \bar{S}) \geq \delta \mathbf{a}^* (0)$$

$\delta \mathbf{a}^*$  - Среднеквадратическая ошибка аппроксимации оценки  $\mathbf{a}^*$

## 3. СОКРАЩЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ГДИС ПО КВД

# РЕЗУЛЬТАТЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Модель КВД(с учетом притока):

$$P_3(t) = P_3(t_0) + (q_0 - q(t)) \frac{\mu}{4\pi kh} \left( \ln \frac{2.25\chi t}{r_c^2} - (q(t/2) + q(t)) \right)$$

$$q(t, \alpha_2) = q_0 \exp(-\alpha_2 t) \quad - \text{дебит жидкости}$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{4\pi\sigma}, \alpha_3 = \frac{2,25\chi}{r_c^2}$$

Априорные данные:

1. Пластовое давление:  $\overline{P}_j, j = \overline{1, m_1}, \delta\overline{P} \in \Delta_1$

2. Гидропроводность:  $\overline{\sigma}_j, j = \overline{1, m_2}, \delta\overline{\sigma} \in \Delta_2$

3. Накопленная жидкость:  $\overline{S}_j, j = \overline{1, m_3}, \delta\overline{S} \in \Delta_3$

$$\delta\overline{\mathbf{x}} = \left| \frac{\overline{\mathbf{x}} - \mathbf{x}}{\mathbf{x}} \right| \quad - \text{относительная ошибка априорных данных}$$

# ТОЧНОСТЬ ОЦЕНКИ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ

Метод наилучшего совмещения – МНК:

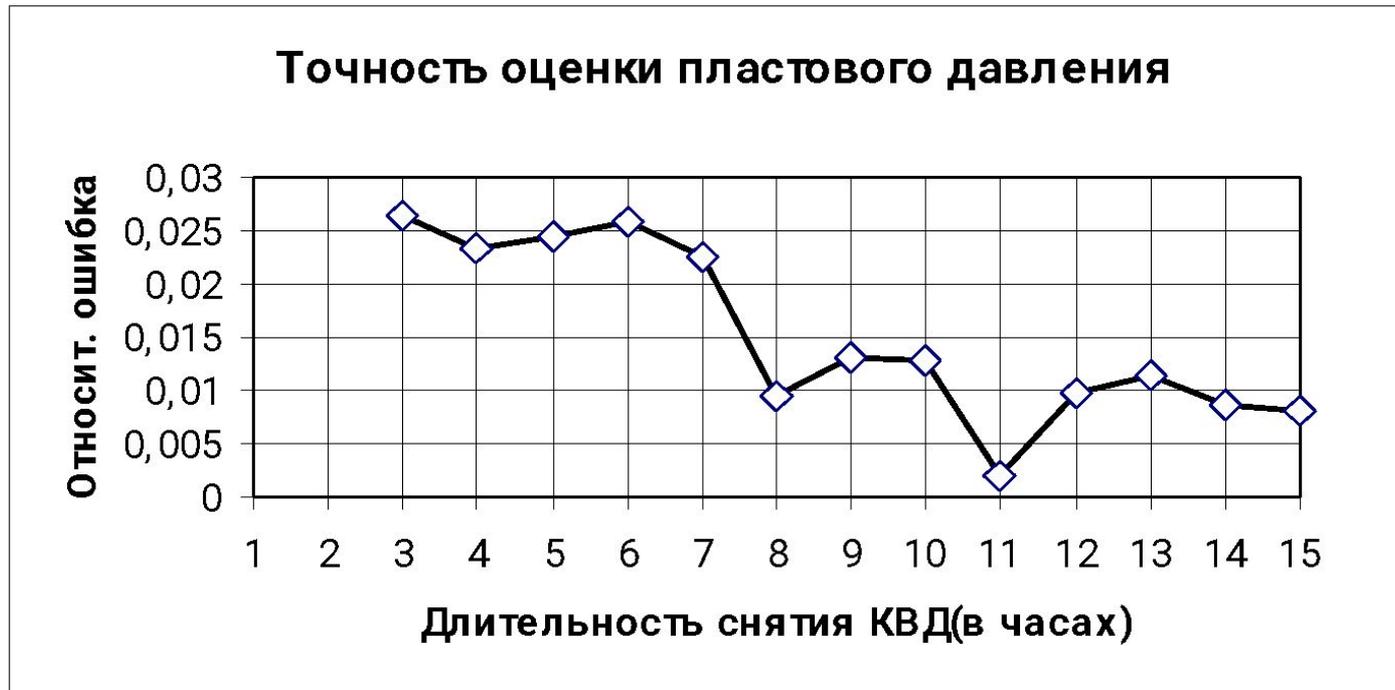


График зависимости относительной ошибки оценки пластового давления  $P_{пл}^* = F(T, \alpha_1^*(0), \alpha_3^*(0), q(\alpha_2^*(0)))$  от длительности снятия КВД

# ТОЧНОСТЬ ОЦЕНКИ ГИДРОПРОВОДНОСТИ

Метод наилучшего совмещения – МНК:

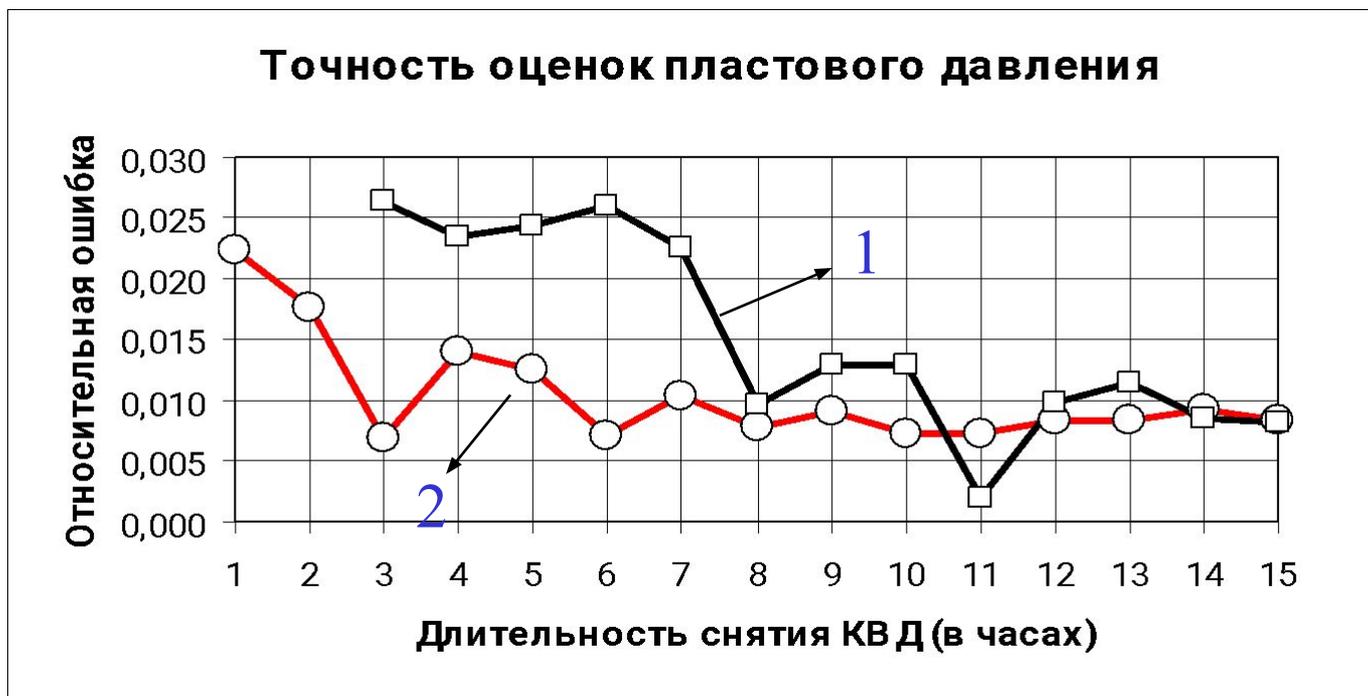


График зависимости относительной ошибки оценки гидропроводности  $\sigma^*(\alpha_1^*(0))$  от длительности снятия КВД

# ТОЧНОСТЬ ОЦЕНОК ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ

1- Метод наилучшего совмещения

2- Метод интегрированных моделей

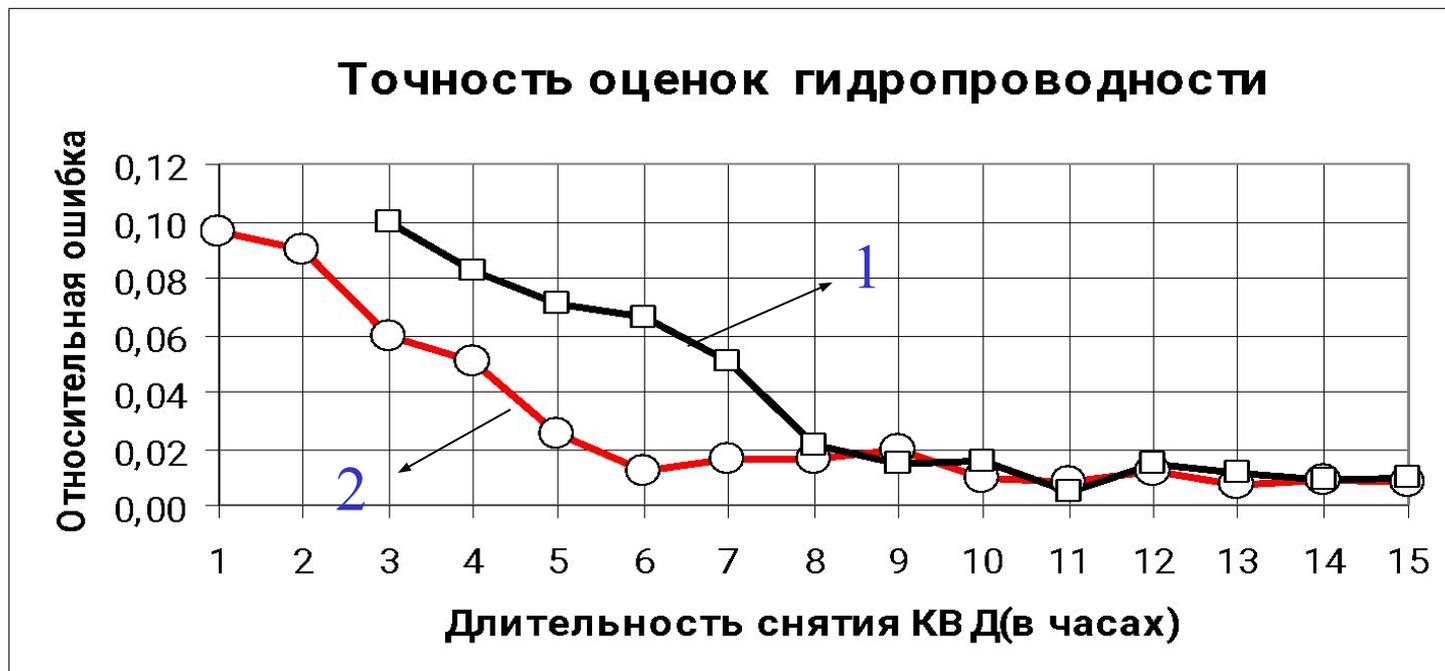


Графики зависимостей относительных ошибок оценок пластового давления методами 1 и 2

# ТОЧНОСТЬ ОЦЕНОК ГИДРОПРОВОДНОСТИ

1- Метод наилучшего совмещения

2- Метод интегрированных моделей



Графики зависимостей относительных ошибок оценок гидропроводности методами 1 и 2