

p_D – безразмерное давление
 q – дебит жидкости, см³/с
 $t_{\min}$ – минимально возможное время, с
 t_D – безразмерное время
 x_f – полудлина трещины, см
 y_b – расстояние до границы зоны дренирования вдоль оси Oy, см
 y_D – безразмерное расстояние вдоль оси Oy
 y_{Db} – безразмерное расстояние до границы зоны дренирования
 вдоль оси Oy
 y_{Dw} – безразмерный радиус скважины
 y_w – радиус скважины, см
 μ – вязкость, сПз
 ϕ – пористость, доли ед.

Литература

1. Dietz D.N. Determination of average reservoir pressure from build-up surveys. 1965.
2. Lake L.W. Petroleum engineering handbook. 2007.
3. Storn R., Price K. Differential Evolution – A Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces. 1997.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ DECLINE-АНАЛИЗА

В.С. Котежеков (ООО «Газпромнефть НТЦ»)

1. Постановка задачи

Традиционные виды ГДИС на добывающем фонде для оценки фильтрационно-ёмкостных свойств (ФЕС) пласта, пластового давления и других параметров подразумевают остановку скважин на КВД, КВУ. Данные виды исследований сопряжены со значительными потерями по добыче нефти и во многих случаях недостаточно информативны в низкопроницаемых коллекторах вследствие недос-

таточной длительности. В связи с этим в последние годы в компании «Газпромнефть» активно применяются методы обработки кривых стабилизации давления (КСД), записанные при пуске скважин. Обработка данных КСД в компании осуществляется по методу Decline-анализа (Production analysis / Анализ добычи) с использованием специализированного ПО (Ecrin, PanSystem и др.). Интерпретация по методу Decline-анализа, в сравнении с традиционными ГДИС, позволяет сократить потери по добыче нефти, оценить взаимовлияние скважин, граничные условия и пр. [1]. В связи с этим и растущим объёмом централизованного хранения информации с ТМС УЭЦН растёт количество обрабатываемых КСД в общей структуре объёма исследований (рис. 1). Тем не менее обработка данных КСД требует существенных трудозатрат, что сокращает объём фактически обработанных КСД, а также снижает степень изученности объектов разработки.

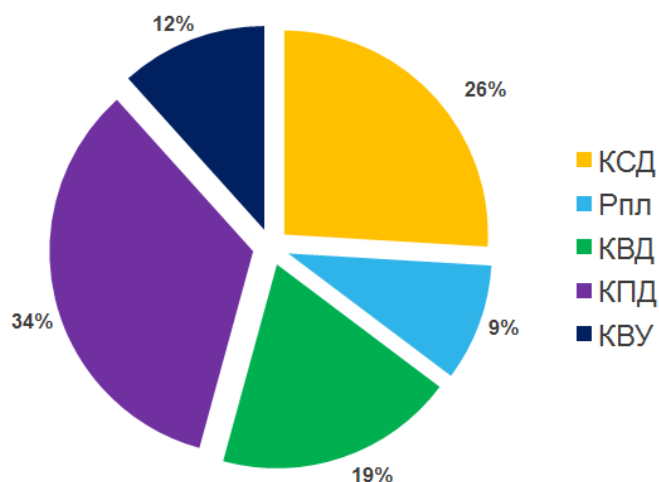


Рис. 1. Распределение объёма ГДИС по исследованиям

Таким образом, актуальной становится задача автоматизации части процессов обработки данных КСД. В данной работе описывается алгоритм, реализуемый в информационной системе ЭРА.ГРАД, для снижения трудозатрат при подготовке данных и интерпретации КСД по методу Decline-анализа.

2. Описание алгоритма

На текущий момент процесс обработки КСД может быть иллюстрирован блок-схемой на рис. 2, на которой отображены текущие задачи, которые необходимо решить в рамках автоматизации процесса.

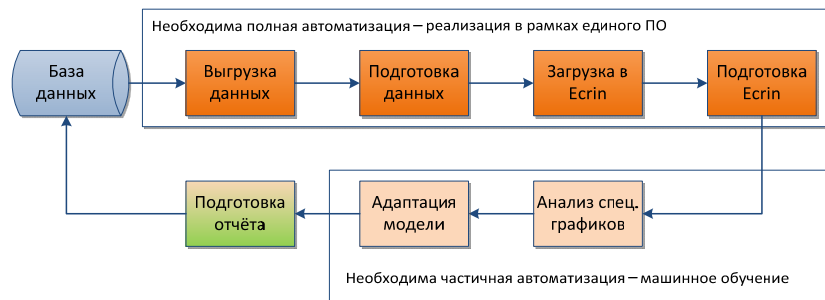


Рис. 2. Текущая схема процесса обработки КСД

На основании указанных задач был построен общий план автоматизированной системы по обработке КСД (рис. 3).

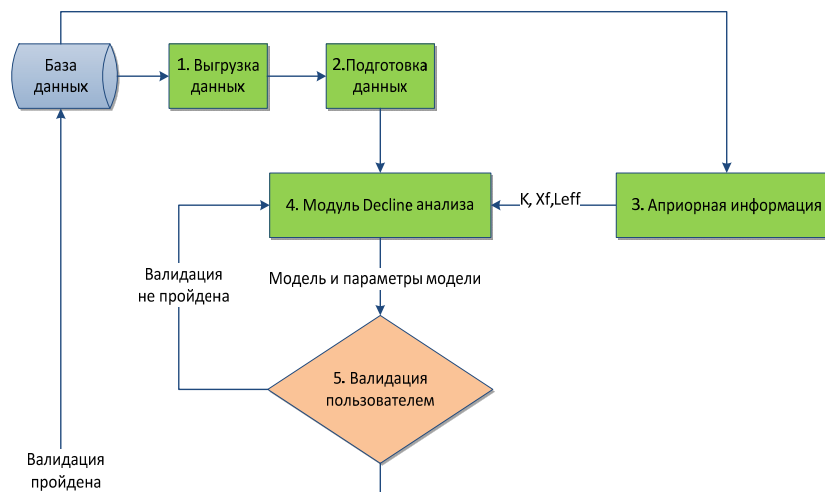


Рис. 3. Схема работы новой системы обработки КСД

Основные этапы работы системы заключаются в следующем.

1. Выгрузка данных

По заданным критериям производится поиск данных забойного давления по ТМС и замеров дебита в базе данных «Шахматки» для интересующего списка скважин.

2. Подготовка данных

Выгруженные данные предварительно подготавливаются: удаляются выбросы, задаётся величина начального давления для периода анализа.

3. Априорная информация

Для повышения устойчивости последующих результатов вводятся ограничения на ряд ключевых параметров проницаемости, геометрии трещины, длины горизонтального ствола в соответствии со следующими источниками:

А. Ранее выполненные ГДИС с учётом их достоверности.

Б. Построенные карты эффективных КН.

В. Результаты проведённых ПГИ, дизайны ГРП.

4. Модуль Decline-анализа

Работа модуля Decline-анализа заключается в последовательном выполнении следующих операций:

- 1) расчёт интеграла приведённого давления и производной;
- 2) построение графика интеграла приведённого давления, производной и времени материального баланса в двойном логарифмическом масштабе;
- 3) сглаживание производной интеграла приведённого давления;
- 4) прогнозирование положения радиального режима:
 - а) выборка 35 точек производной интеграла приведенного давления;
 - б) прогнозирование типа паттерна на основе нейронных сетей и граничных условий;
 - в) прогнозирование положения радиального режима для определённого паттерна на основе нейронных сетей;
- 5) создание и адаптация модели.

Моделирование осуществляется через решение уравнений пьезо-проводности для основных моделей скважины (вертикальная скважина, скважина с трещиной, горизонтальная скважина), границ (непроницаемые границы, границы постоянного давления) и послепритока (классическая модель влияния ствола скважина).

Адаптация модели осуществляется посредством метода Нелдера–Мида при заданных априорных ограничениях.

По результатам адаптации модели оцениваются параметры пласта, строятся графики совмещения реальных данных и смоделированных.

5. Валидация пользователем

Пользователь анализирует результаты автоматической интерпретации и качество совмещения модели, после чего принимает решение:

1. Валидация не пройдена. Тогда пользователь изменяет положение режимов течения, корректирует интервал адаптации каких-либо параметров и запускает повторную адаптацию.

2. Валидация пройдена. Результаты сохраняются в базу данных.

Выводы

Разрабатываемая система может позволить существенно сократить трудозатраты при обработке данных КСД, следовательно, привести к увеличению объёма информации по пласту.

На текущий момент осуществляется интеграция разработанного алгоритма и тестирование на реальных данных в корпоративное ПО «ЭРА.ГРАД».

Литература

1. Кременецкий М.И., Ипатов А.И., Гуляев Д.Н. Информационное обеспечение и технологии гидродинамического моделирования нефтяных и газовых залежей. Б.м., 2012.

АДАПТИВНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН С ДИАГНОСТИКОЙ И ДЕКОНВОЛЮЦИЕЙ ПОТОКОВ

*В.Л. Сергеев, Донг Ван Хоанг
(Томский политехнический университет)*

В настоящее время в связи с широким внедрением стационарных информационно-измерительных систем, позволяющих осуществлять мониторинг гидродинамических параметров нефтяных и газовых пластов в режиме реального времени, требуются соответствующие