

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН В УСЛОВИЯХ ИХ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН В УСЛОВИЯХ ИХ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

*Б. Б. Квеско, к. ф.-м. н., доцент, зав. кафедрой ГРHM ИГНД ТПУ,
В. Л. Сергеев, д. т. н., профессор кафедры ГРHM ИГНД ТПУ,
Д.В. Севостьянов, аспирант ТУСУР*

Актуальной задачей, обусловленной сложностью проведения гидродинамических исследований скважин (ГДИС) в объемах, указанных в регламентных документах, является создание новых информационных технологий, позволяющих оперативно, в процессе нормальной эксплуатации скважин (без их длительной остановки) получать данные, необходимые для сопровождения гидродинамических моделей, принятия оперативных решений по управлению разработкой.

Для решения отмеченной выше задачи предлагается использовать технологию интегрированных систем моделей, где в отличие от известных технологий органически сочетаются:

1. Физически содержательные математические модели процессов нефтегазодобычи и данные комплексных исследований скважин и пластов.
2. Отсутствие «жестких» ограничений.
3. Формализация, учет и согласованность неоднородных, неточных дополнительных априорных данных, накопленного опыта и знаний лица, принимающего решения.
4. Оптимизация решений задач идентификации ГДИС и управления разработкой с выполнением принципа устойчивости и основных элементов принципа самоорганизации.

Предлагаемая технология интегрированных систем моделей реализована в интегрированной системе идентификации (ИСИ) ГДИС, состоящей из следующих основных компонент [1]:

1. Ввод исходных и дополнительных априорных данных.
2. Формирование интегрированной системы моделей.
3. Синтез оптимальных оценок фильтрационных параметров пласта и скважины.
4. Адаптация оценок.
5. Анализ точности и качества оценок. Статистическое моделирование.

В отличие от известной ИСИ ГДИС на неустановившихся режимах фильтрации [2] здесь используется стохастическая интегрированная система моделей показателей разработки вида:

$$\begin{cases} y_j^*(t) = f_j(t, \mathbf{\bar{\theta}}_j, y_k^*(t)) + \xi_j, j, k = \overline{1, m}, j \neq k, t = \overline{1, n}, \\ \bar{Z}_j = \bar{F}_j(Z_j) + \eta_j, j = \overline{1, L}, \end{cases} \quad (1)$$

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН В УСЛОВИЯХ ИХ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

где $y_j^*(t), y_k^*(t)$ - данные показателей объекта разработки (добыча нефти, жидкости, забойное, пластовое давления, закачка флюидов и т.п.);

$\bar{\alpha}_j$ - вектор фильтрационных параметров нефтяного пласта и призабойной зоны скважины;

$f_j, j = 1, m$ - модели показателей разработки,

$F_j, j = 1, L$ - модели объектов аналогов, используемых для описания дополнительных априорных сведений $\bar{Z}_j$, в качестве которых могут использоваться различные экспертные (проектные) оценки показателей разработки, экспертные оценки фильтрационных параметров пласта и т.п.;

ξ_i, η_j - ошибки измерений показателей разработки и ошибки дополнительных априорных данных.

Например, при использовании линейного закона фильтрации флюидов и характеристики вытеснения система (1) принимает наиболее простой вид:

$$\begin{cases} q_{ж}^*(t) = f(t, \sigma, P_{пл}, P_3^*(t)) + \xi_t = 2\pi\sigma \cdot (P_{пл} - P_3^*(t)) / \ln(R_k / r_c) + \xi_t, \\ \bar{V}_n(t) = F(t, \alpha, \bar{V}_{ж} = \int_0^t f(\tau, \sigma, P_{пл}, P_3^*(\tau)) d\tau) + \eta_t, t = \overline{1, n}, \end{cases} \quad (2)$$

где $q_{ж}^*(t), P_3^*(t), t = \overline{1, n}$ - значения добычи жидкости и забойного давления в скважине;

$\bar{V}_n(t)$ - накопленная к моменту времени t добыча нефти;

σ - гидропроводность нефтяного пласта;

$P_{пл}$ - пластовое давление на контуре питания скважины R_k ;

r_c - радиус скважины;

α - вектор параметров характеристики вытеснения F .

Синтез и адаптация оценок параметров модели (2) проводится путем решения двух оптимизационных задач:

$$\sigma^*, P_{пл}^*, \alpha^n = \arg \min_{\sigma, P_{пл}, \alpha} (\Phi = J + K \cdot Q), \quad K^* = \arg \min_K J, \quad (3)$$

где под $\arg \min_x f(x)$ понимается точка минимума x^* функции f ;

Φ - комбинированный функционал качества модели (2);

J, Q - частные функционалы качества уравнения фильтрации и характеристики вытеснения, в качестве которых могут быть использованы средние квадраты ошибок ξ_i, η_j ;

K^* - весовая функция, учитывающая влияние накопленной добычи нефти на отбор жидкости в скважине [1]. Предложенный метод решения задачи идентификации (2)-(3) назван методом интегрированных моделей [2].

**ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
СКВАЖИН В УСЛОВИЯХ ИХ НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Интегрированная система идентификации ГДИС, основанная на методе интегрированных моделей, позволяет на качественно новом уровне решать широкий спектр задач контроля и оперативного управления разработкой, исключая многие проблемы, характерные для традиционных методов идентификации, такие как неустойчивость решения, неоднородность, ограниченность, «зашумленность», несогласованность исходных и дополнительных априорных данных и т.д.

Примеры решения задач идентификации ГДИС и управления работой скважин В качестве примеров, иллюстрирующих преимущества предложенной ИСИ ГДИС, в докладе рассматриваются новые решения задач идентификации ГДИС и оперативного управления работой скважин:

1. Оценка технологической эффективности мероприятий по увеличению нефтеотдачи скважин и пластов.
2. Оценка фильтрационных параметров пласта, призабойной зоны скважины. Определение необходимых для обеспечения заданной добычи нефти значений забойных давлений.
3. Оценка взаимодействия скважин и определение необходимых для обеспечения заданной добычи нефти объемов закачки агентов.

Основой решения отмеченных задач являются интегрированные системы моделей вида (1), (2), в которых широко используются различные экспертные оценки извлекаемых запасов нефти, экспертные оценки пластового давления, прогнозные значения добычи нефти, жидкости, оценки фильтрационных параметров пласта и призабойной зоны скважины, полученные из ранее проведенных ГДИС на установившихся и неуставившихся режимах и т.п.

Показано, что предлагаемая ИСИ ГДИС позволяет:

1. Обеспечить устойчивость и значительно повысить точность решения задач идентификации и оперативного управления разработкой.
2. Значительно сократить потери добычи нефти при проведении ГДИС;
3. Обеспечить принятие решений по контролю и управлению разработкой месторождений нефти и газа, включая решение задач проектирования и адаптации интегрированной системы моделей, в реальном масштабе времени.

Литература

1. *Сергеев В.Л.* Интегрированные системы идентификации. Учебное пособие. Томск Изд-во НТЛ, 2004. 240 с.
2. *Сергеев П.В., Сергеев В.Л.* Идентификация гидродинамических исследований скважин на основе интегрированных моделей // Моделирование неравновесных систем: Сб. трудов пятого Всероссийского семинара. Красноярск, 2003. С. 154 -155.