

## МЕТОД АДАПТИВНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ КОМБИНИРОВАННЫХ (ИК-КВД) ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН

Нгуен Тхак Хоай Фыонг, А.И. Крайнов

Научный руководитель профессор В.Л. Сергеев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Рассматривается задача адаптивной интерпретации результатов комбинированных газодинамических исследований скважин на стационарных режимах фильтрации по индикаторной кривой и нестационарных режимах фильтрации по кривой восстановления давления и предлагается новый метод ее решения, позволяющий наряду с параметрами пласта и скважины определять необходимое число режимов и время завершения исследований в процессе их проведения. Приводятся примеры, показывающие целесообразность использования предложенного метода адаптивной интерпретации.

**Введение.** Проведение комбинированных газодинамических исследований скважин (ГДИС) по индикаторной кривой (ИК) и кривой восстановления давления (КВД) является обязательным мероприятием при исследовании газовых скважин. Проблемой традиционных методов интерпретации комбинированных ГДИС является то, что число режимов исследования по ИК и время завершения исследований на неустановившихся режимах фильтрации по КВД планируется заранее, что сопряжено с большими материальными потерями из-за простоя скважин [1-2]. В данной работе на основе технологии адаптивной интерпретации [3-6] предлагается и исследуется новый метод адаптивной интерпретации результатов комбинированных ГДИС позволяющий получать фильтрационные параметры пласта, определять число режимов исследований и время их завершения в реальном времени по мере поступления исходных данных.

**Модели и алгоритмы адаптивной интерпретации комбинированных ГДИС.** Основой метода адаптивной интерпретации является интегрированная система моделей (ИСМ) индикаторной кривой Форхгеймера с переменными, зависящими от номера режима испытаний скважины параметрами, с учетом экспертных оценок пластового давления [3,5-6]

$$\begin{cases} y_{ик,n}^* = p_{пл,n}^2 - a_n q_n - b_n q_n^2 + \xi_n, \\ \bar{p}_{пл,(n-1)}^{-2} = p_{пл,n}^2 + \eta_n, \quad n = 1, 2, 3, \dots, n_k, \end{cases} \quad (1)$$

и интегрированная система моделей КВД с переменными параметрами с учетом дополнительной априорной информации [4]

$$\begin{cases} y_i^* = \alpha_{1,i} + \alpha_{2,i} \lg(t_i) + \xi_i, \\ \bar{\sigma}_i = \sigma_i + \eta_{1,i}, \bar{\chi}_i = \chi_i + \eta_{2,i}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n_t, \end{cases} \quad (2)$$

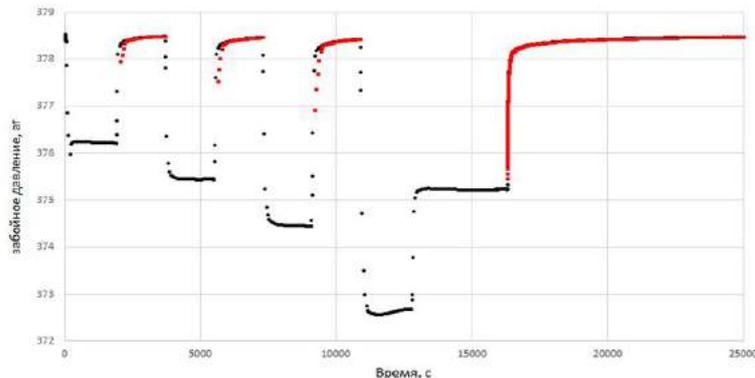
где  $y_{ик,n}^* = p_{з,n}^2 \cdot q_n$  – значения квадрата забойного давления и дебита, полученные на режиме испытания скважины с номером  $n$ ;  $\bar{p}_{пл,(n-1)}^{-2}$  – экспертная оценка квадрата пластового давления;  $n_k$  – число режимов испытания скважины;

$y_i^* = p_{з,i}^2$  – фактические значения квадрата забойных давлений КВД в момент  $t_i$ ;  $\alpha_{1,i} = P_{з,0}^2 + \alpha_{2,i} \lg\left(\frac{2,25\chi_i}{r_{с,np}^2}\right) + b_n q_n^2$ ,

$\alpha_{2,i} = \frac{2,3q_n T_{пл} z \rho}{2\pi \sigma_i T_c}$ ;  $\sigma_i = k_i h / \mu$ ,  $\bar{\sigma}_i$  – коэффициент проводимости и его экспертная оценка;  $\chi_i = k_i p_{пл} / m \mu_{пл}$ ,  $\bar{\chi}_i$  –

коэффициент пьезопроводности и его экспертная оценка;  $\xi_n, \xi_i, \eta_n, \eta_{1,i}, \eta_{2,i}$  – случайные величины, представляющие погрешности измерений дебита и забойных давлений скважины, ошибки экспертной оценки пластового давления и неточность модели фильтрации.

Результаты интерпретации скважин газоконденсатного месторождения. Результаты интерпретации комбинированных исследований ИК-КВД газовой скважины месторождения Тюменской области приведены на рисунке и в таблице



**Рис. Исходные и воспроизведенные значения ИК-КВД**

Таблица

Результаты интерпретации в зависимости от числа режимов исследований и длительности КВД

Метод	Номер режима		1	2	3	4		
ИСМ-ИК	Коэффициент а, ат <sup>2</sup> /(т.м <sup>3</sup> /сут)		-	12,34	9,93	12,5		
	Коэффициент b, ат <sup>2</sup> /(т.м <sup>3</sup> /сут) <sup>2</sup>		-	0,018	0,026	0,019		
	Пластовое давление, ат		-	378,8	378,6	378,9		
ИСМ-КВД	Время ч	Параметры	КВД 1	КВД 2	КВД 3	КВД 4		
						Параметры	Время ч	Параметры
	0,25	Проводимость, Д.м/сП Пьезопроводность, м <sup>2</sup> /с Скин	85,9	87,8	82,5	88,9	8	83,7
			3,57	3,65	3,43	3,70		3,48
			3,7	4,1	3,7	4,2		3,7
	0,5	Проводимость, Д.м/сП Пьезопроводность, м <sup>2</sup> /с Скин	83,4	84,7	84,5	84,9	20	85,9
3,47			3,52	3,33	3,49	3,57		
3,5			3,8	3,5	3,7	3,9		
Saphir	22	Проводимость, Д.м/сП	88,4					
		Пьезопроводность, м <sup>2</sup> /с	3,72					
		Скин	4,0					

Из таблицы видно, что полученные оценки проницаемости, пьезопроводности и скин- фактора, начиная со второго режима исследований, практически не уступают приближениям, полученным на последующих режимах, а также оценкам, полученным с использованием программы Saphir. В этой связи целесообразно на втором режиме прекратить гидродинамические исследования.

Выводы. Предложен новый метод адаптивной интерпретации результатов комбинированных ГДИС позволяющий получать фильтрационные параметры пласта, определять число режимов исследований и время их завершения в реальном времени по мере поступления исходных данных. На примере ГДИ скважины, оснащенной стационарными измерительными системами, месторождения Тюменской области показано, что метод адаптивной интерпретации обеспечивает получение оценок проницаемости пласта, пьезопроводности, скин-фактора в процессе проведения комбинированных исследований ИК-КВД, что позволяет сократить время их проведения.

#### Литература

1. Алиев З.С., Гриценко А.И. и др. Руководство по исследованию скважин. – М.: Наука, 1995. – 523 с.
2. Эрлагер мл., Роберт. Гидродинамические методы исследования скважин: пер. с англ. / Р. Эрлагер мл. – Москва; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2006. – 512 с.
3. Нгуен Т.Х.Ф., Сергеев В.Л. Метод идентификации индикаторной кривой при интерпретации результатов газодинамических исследований скважин // Известия Томского политехнического университета, Инжиниринг георесурсов. – 2015.Т.326.№ –12. – С. 54-59.
4. Гаврилов К.С., Сергеев В.Л. Адаптивная идентификация и интерпретация нестационарных газодинамических исследований скважин газовых и газоконденсатных месторождений // доклады ТУСУРа. – 2014.№ –2 (32). – С. 270-275.
5. Нгуен Т.Х.Ф. Адаптивный метод интерпретации газодинамических исследований скважин по индикаторной кривой в условиях неопределенности // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине: сборник научных трудов III Международной научной конференции. - Томск : Изд-во ТПУ, 2016. - Ч. 1. - С. 184-186.
6. Nguyen Thac Hoai Phuong, Sergeev V.L., Strelnikova A.B. Adaptive interpretation of gas well deliverability tests. 2016 IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 43, Number 1. – Proceedings.

### РАЗРАБОТКА НИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ КОЛЛЕКТОРОВ С ПОМОЩЬЮ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН С МНОГОСТАДИЙНЫМ ГИДРАВЛИЧЕСКИМ РАЗРЫВОМ ПЛАСТА

Д.М. Неволин, А.В. Марухин

Научный руководитель Доцент В.Н. Арбузов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

На сегодняшний день одной из основных проблем разработки низкопроницаемых коллекторов является рентабельность разработки таких месторождений с помощью наклононаправленных скважин, но если производить бурение горизонтальных скважин с многостадийным гидравлическим разрывом пласта, то рентабельность разработки возрастает.

Для обоснования наиболее перспективного способа разработки низкопроницаемого коллектора необходимо провести расчеты запускных параметров для горизонтальных скважин с многостадийным гидравлическим разрывом пласта и наклононаправленных скважин с гидравлическим разрывом пласта.