

Рис. 3. Среднее время вычисления CRC32

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ross N.W. A Painless Guide to CRC Error Detection Algorithms. // Dr Ross Williams. 1993. URL: [http://www.ross.net/crc/download/crc\\_v3.txt](http://www.ross.net/crc/download/crc_v3.txt) (дата обращения: 25.03.2016)
2. Буркатовская Ю.Б., Мальчуков А.Н., Осокин А.Н. Быстродействующие алгоритмы деления полиномов в арифметике по модулю два // Известия Томского политехнического университета, 2006. – т.309 – № 1. С. 19-24
3. Мальчуков А.Н., Осокин А.Н. Быстродействующие алгоритмы вычисления контрольной суммы на примере CRC8 // Молодежь и современные информационные технологии: Сборник трудов VIII Всерос. научно-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск, 3-5 марта 2010. – Томск: СПБ Графикс, 2010. – С. 34–35.

#### АДАПТИВНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН ПО ИНДИКАТОРНОЙ КРИВОЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

*Нгуен Тхак Хоай Фьонг*  
 (г. Томск, Томский политехнический университет)  
 e-mail: [nguyenphuongtpu1512@gmail.com](mailto:nguyenphuongtpu1512@gmail.com)

#### ADAPTIVE INTERPRETATION OF GAS WELL DELIVERABILITY TESTING BY INDICATOR DIAGRAM IN THE CONDITIONS OF UNCERTAINTY

*Nguyen Thac Hoai Phuong*  
 (Tomsk, Tomsk Polytechnic University)

Study the problem of determining the reservoir pressure and filtration resistance coefficients as the results of stabilized flow gas well deliverability testing in the conditions of uncertainty of a priori information about a model of indicator diagram, and propose a method to solve it by using adaptive identification technology based on a priori information about the reservoir pressure.

Key words: identification, interpretation, gas well deliverability testing, indicator diagram, integrated system of models, a priori information.

**Введение.** В настоящее время при интерпретации результатов стационарных газодинамических исследований скважин (ГДИС) используется преимущественно классическая «базовая» методика определения параметров закона фильтрации Форхгеймера методом наименьших квадратов [1,2]. Однако в реальных промысловых условиях неопределенности возникает проблема получения более точных и устойчивых оценок пластового давления и фильтрационных параметров пласта при малом объеме экспериментальных данных дебита и забойных давлений на разных режимах фильтрации.

В данной работе предлагается и исследуется метод адаптивной интерпретации ГДИС по индикаторной кривой с переменными параметрами, зависящими от номера режима исследований, с учетом дополнительной априорной информации о пластовом давлении.

**Модели и алгоритмы адаптивной интерпретации индикаторной кривой.** Основой метода адаптивной интерпретации является интегрированная система моделей индикаторной кривой Форхгеймера с переменными параметрами, зависящими от номера режима испытаний скважины, с учетом экспертных оценок пластового давления:

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

где  $y_n^* = p_{n,3}^2$ ,  $q_n$  – значения квадрата забойного давления и дебита, полученные на режиме испытания скважины с номером  $n$ ;  $\bar{p}_{nl,(n-1)}^{-2}$  – экспертная оценка квадрата пластового давления;  $n_k$  – число режимов испытания скважины;  $\xi_n, \eta_n$  – случайные величины, представляющие погрешности измерений дебита и забойных давлений скважины, ошибки экспертной оценки пластового давления и неточность модели фильтрации. Определение оптимальных значений квадрата пластового давления и коэффициентов фильтрационных сопротивлений  $a, b$  модели (1) представленной для удобства в матричном виде

$$\begin{cases} Y_n^* = F_n \mathbf{a}_n + \xi_n, \\ \bar{\alpha}_{1,(n-1)} = F_{a,n} \mathbf{a}_n + \eta_n, \end{cases} \quad (2)$$

при использовании показателя качества

$$\Phi(\mathbf{a}_n, \beta_n) = \|Y_n^* - F_n \mathbf{a}_n\|_W^2 + \beta_n \|k_n \bar{\alpha}_{1,(n-1)} - F_{a,n} \mathbf{a}_n\|^2 \quad (3)$$

сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений вида (СЛАУ) [3,4]

$$(F_n^T W F_n + \beta_n F_{a,n}^T F_{a,n}) \mathbf{a}_n(\beta_n) = (F_n^T W Y_n^* + \omega_n F_{a,n}^T \bar{\alpha}_{1,(n-1)}) \quad (4)$$

где запись  $\|X\|_W^2$  означает квадратичную норму вектора  $X^T W X$ ;  $F_n = (x_{n,j}, n = \overline{1, n_k}, j = \overline{1, 3})$  – матрица значений дебита скважины на разных режимах ее работы, в которой  $x_{n,1} = 1, x_{n,2} = -q_n, x_{n,3} = -q_n^2$ ;  $F_{a,n} = (1, 0, 0)$  – вектор;  $\mathbf{a}_n = (\alpha_{1,n} = p_{nl,n}^2, \alpha_{2,n} = a_n, \alpha_{3,n} = b_n)$  – вектор неизвестных значений параметров моделей (1),(2);  $W$  – диагональная матрица весовых функции  $W = \text{diag}(w((n-i)/h), i = \overline{1, n-1})$  для организации процесса адаптивной идентификации и интерпретации;  $\omega_n = \beta_n k_n$ .

**Результаты интерпретации ИК скважин газоконденсатного месторождения.** Результаты интерпретации стационарных газодинамических исследований по индикаторной кривой приведены на рис. 1,2. На рис. 1 приведены исходные данные индикаторной кривой на девяти режимах исследований. На рис. 2 приведены оценки пластового давления и фильтрационных сопротивлений полученные методами адаптивной интерпретации (АИ) путем решения СЛАУ (3) при  $k_n = 1/\beta_n$ , наименьших квадратов (НК) при  $\beta_n = 0$  (3) и регуляризи-

рованного метода наименьших квадратов (РНМ) при  $k_n = 0$  (3).

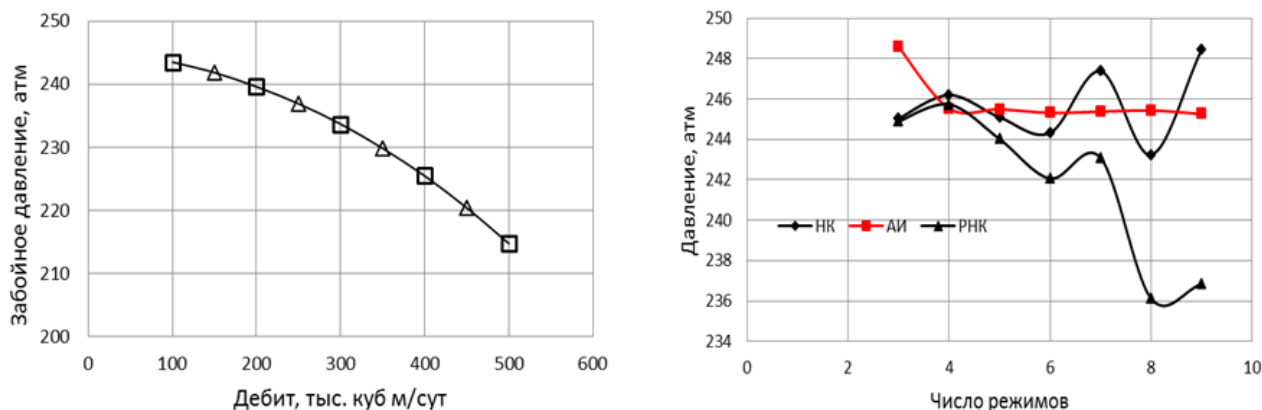


Рис. 1 Исходные значения индикаторной кривой

Из рис. 2 видно, что предложенный метод адаптивной интерпретации индикаторной кривой (1)-(4) с учетом априорной информации позволяет получить более точные и устойчивые оценки пластового давления по сравнению с методом наименьших квадратов на меньшем объеме промысловых данных.

**Выводы.** Для решения задачи интерпретации газодинамических исследований скважины по индикаторной кривой в условиях неопределенности предложен метод адаптивный идентификации с учетом дополнительной априорной информации, что позволяет получить более точные и устойчивые оценки пластового давления на меньшем объеме промысловых данных и значительно сократить затраты на проведение исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев З.С., Гриценко А.И. и др. Руководство по исследованию скважин. – М.: Наука, 1995. – 523 с.
2. Ахмедов К.С., Гасумов Р.А., Толпаев В.А. Методика обработки данных гидродинамических исследований скважин // Нефтепромысловое дело, 2011. – №3. – С. 8–11.
3. Сергеев В.Л. Интегрированные системы идентификации. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2011. – 198 с.
4. Нгуен Т.Х.Ф, Сергеев В.Л. Метод идентификации индикаторной кривой при интерпретации результатов газодинамических исследований скважин // Известия Томского политехнического университета, Инжиниринг георесурсов. – 2005.Т.326.№ –12. – С. 54-59.

#### ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИБОРОВ НА ОСНОВЕ ТЕРМОМЕТРА СОПРОТИВЛЕНИЯ

*Т.В. Несветайло*

*(г.Омск, Омский государственный технический университет)*

*e-mail: nesvet\_22@mail.ru*

#### TEMPERATURE MEASUREMENT USING DEVICES BASED ON RESISTANCE THERMOMETER

*T.V. Nesvetajlo*

*(Omsk, Omsk State Technical University)*

**Abstract:** The control over temperature is an important for many production processes. Temperature of liquid, gas, solid surfaces, granular powder are measured in different ways, there are different sensors