И.Г. Соловьев, Ю.А. Ведерникова, И.В. Гапанович

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРИТОКА СКВАЖИНЫ НА ДВА ГОРИЗОНТА

Представлена линеаризованная конечномерная модель гидродинамики притока в вертикальной скважине, дренирующей два продуктивных горизонта. Рассматриваются вопросы идентификации гидродинамических параметров и формулируются требования, обеспечивающие идентифицируемость модели притока.

Скважина, продуктивный горизонт, гидродинамическая модель, идентификация, идентифицируемость.

Исследуются вопросы идентификации гидродинамических параметров притока в вертикальную скважину, дренирующую два продуктивных горизонта. На рис. 1 представлена конструктивная схема скважины, где вынесены основные обозначения параметров и переменных состояния конечномерной системы, аппроксимирующей распределенную плоскорадиальную динамику притока.

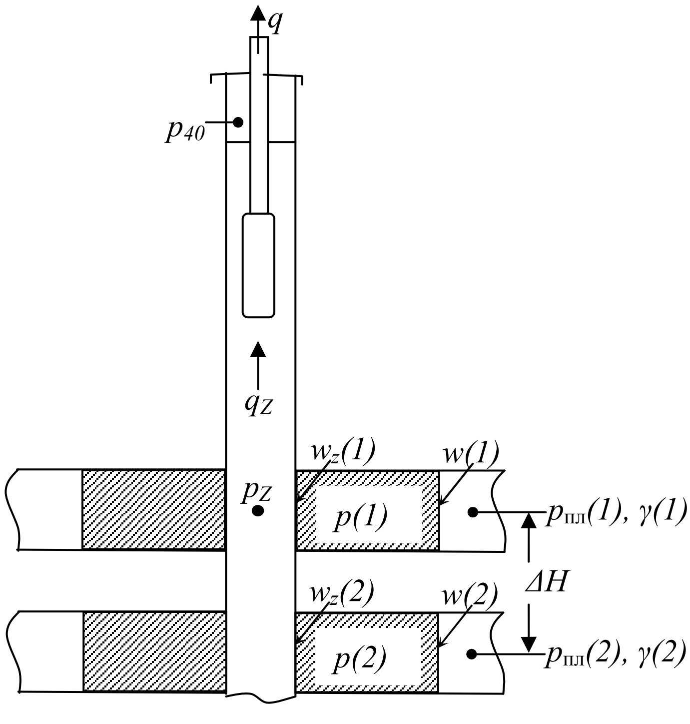

Рис. 1. Двузабойная скважина

На рисунке выделены две призабойные зоны (ПЗ) со среднезональными давлениями $p(1,\ t)$ — для первого и $p(2,\ t)$ — для второго горизонта; $p_{пл}(1)$, $p_{пл}(2)$ — квазистатичные давления подпора зон внешнего окаймления (т.е. среднезональные давления пластов), $p_z(t)$ — давление в забое напротив первого горизонта, а $p_z(2,\ t) = p_z(t) + \gamma(2)\cdot\Delta H$ — давление в забое работающей скважины напротив второго горизонта. Здесь γ(1), γ(2) — удельные веса добываемого флюида, $q_z(1, t)$, $q_z(2, t)$ — объемные притоки в скважину, а $\gamma(2)\cdot\Delta H$ — гидростатическая разность забойных давлений между горизонтами.

Динамика гидробалансов для ПЗ может быть представлена системой уравнений

$$\begin{cases}\dot{V}_{\text{Ж}}(1,t) = q(1,t) - q_z(1,t)\\ \dot{V}_{\text{Ж}}(2,t) = q(2,t) - q_z(2,t),\end{cases}$$

где, ограничиваясь линейными законами гидроупругой фильтрации [1], имеем объемные притоки в ПЗ и забой скважины для первого

$$q(1,t) = w(1)\cdot(p_{\text{пл}}(1) - p(1,t)),$$
$$q_z(1,t) = w_z(1)\cdot(p(1,t) - p_z(t)),$$

и второго

$$q(2,t) = w(2)\cdot(p'_{\text{пл}}(2) - p'(2,t)),$$
$$q_z(1,t) = w_z(2)\cdot(p'(2,t) - p_z(t)),,$$

горизонтов с гидропроводностями переходов $w(i)$ — «коллектор-ПЗ», $w_z(i)$ — «ПЗ-забой скважины» i-го горизонта, $p'_{\text{пл}}(2) = p_{\text{пл}}(2) - \gamma(2)\cdot\Delta H$, $p'(2,t) = p(2,t) - \gamma(2)\cdot\Delta H$ — зональные давления, приведенные к уровню первого горизонта, $V_{\text{Ж}}(i,t)$ — гидроупругие объемы жидкости, заполняющие пустоты призабойных зон, определяемые выражением

$$V_{\text{Ж}}(i,t) = m(i)V(i)\big(1 + \beta_{\text{пл}}(i)(p(i,t) - p_{\text{пл}}(i))\big),$$

в котором $V(i)$ — пространственный объем ПЗ пористостью $m(i)$ с коэффициентом гидроупругости среды $\beta_{\text{пл}}(i)$.

С учетом введенных определений приближенная линеаризованная конечномерная модель гидродинамики притока может быть представлена системой уравнений

$$\begin{cases}(T(1)D+1)p(1,t) = (1-\mu(1))p_{\text{пл}}(1) + \mu(1)(1)p_z(t);\\ (T(2)D+1)p'(2,t) = (1-\mu(2))p'_{\text{пл}}(2) + \mu(1)(2)p_z(t),\end{cases} \quad (1)$$

где $D := d/dt$ — оператор дифференцирования [2];

$T(i) = m(i)\beta_{\text{пл}}V(i)/(w(i) + w_z(i))$ — постоянная времени призабойной зоны i-го горизонта;

$\mu(i) = w_z(i)/(w(i) + w_z(i))$ — долевой коэффициент связи переменных i-го горизонта.

В рамках вышеизложенного объемный и весовой притоки в скважину вводятся выражениями

$$q_z(t) = w_z(1)\cdot(p(1,t) - p_z(t)) + w_z(2)\cdot(p'(2,t) - p_z(t)),$$
$$m_z(t) = \gamma(1)w_z(1)\cdot(p(1,t) - p_z(t)) + \gamma(2)w_z(2)\cdot(p'(2,t) - p_z(t)). \quad (2)$$

Инициализация переходных режимов, связанная с изменением уровней отборов, учитывается во входных вариациях забойного давления — $p_z(t)$.

Нижеизложенное исследует вопросы оценивания параметров притока[1]

$$\left\langle w_z(i),\, w_{\text{пл}}(i),\, p^{\bullet}_{\text{пл}}(i),\, \gamma(i),\, i\in\{1,2\}\right\rangle, \tag{3}$$

двузабойной скважины (1) по данным контроля возмущенных входо-выходных переменных состояния (2)

$$I=\left\langle p_z(k),\, q_z(k),\, m_z(k),\, k\in K\right\rangle \tag{4}$$

в дискретные моменты времени t_k, $(t_{k+1}=t_k+\Delta t,\quad x(t_k)=x(k))$, в предположении, что показатели длительности переходных процессов: $T(1)$ и $T(2)$ априорно даны. В определении (3) коэффициент продуктивности *i*-го притока $w_{\text{пл}}(i)$ рассчитывается по выражению

$$w_{\text{пл}}(i)=w_z(i)w(i)/(w_z(i)+w(i))=w_z(i)(1-\mu(i)) \tag{5}$$

Для построения МНК (метод наименьших квадратов) алгоритма оценивания воспользуемся формальной алгеброй линейных дифференциальных операторов [3] и преобразуем (1) к виду

$$p(i,t)=(1-\mu(i))p^{\bullet}_{\text{пл}}(i)+\mu(i)p_z(i,t),\quad i\in\{1,2\},$$

где $p_z(i,t)$ — функция, восстанавливаемая на выходе фильтра

$$p_z(i,t)=\frac{1}{T(i)D+1}p_z(t). \tag{6}$$

Подставляя результат преобразования в (3), приходим к модели притока в форме линейной регрессии

$$q_z(k)=\boldsymbol{c}^{\mathrm{T}}\boldsymbol{\upsilon}(k),\quad m_z(k)=\boldsymbol{a}^{\mathrm{T}}\boldsymbol{\upsilon}(k), \tag{7}$$

записанных в дискретном времени моментов измерений (4). В условиях (4), (6) типовая процедура МНК оценивания [4] сводится к разрешению системы линейных алгебраических уравнений:

$$\begin{gathered} F\hat{\boldsymbol{c}}=\boldsymbol{b}_q,\quad F\hat{\boldsymbol{a}}=\boldsymbol{b}_m,\\ F=\sum\nolimits_{k\in K}\boldsymbol{\upsilon}(k)\boldsymbol{\upsilon}(k)^T,\\ \boldsymbol{b}_q=\sum\nolimits_{k\in K}q_z(k)\boldsymbol{\upsilon}(k),\\ \boldsymbol{b}_m=\sum\nolimits_{k\in K}m_z(k)\boldsymbol{\upsilon}(k), \end{gathered} \tag{8}$$

где вектор регрессоров и искомых параметров имеют вид

$$\boldsymbol{\upsilon}(k)=[1\quad p_z(1,k)\quad p_z(2,k)\quad -p_z(k)]^{\mathrm{T}},$$
$$\boldsymbol{c}=[c_0\quad c_1\quad c_2\quad c_3]^{\mathrm{T}},\quad \boldsymbol{a}=[a_0\quad a_1\quad a_2\quad a_3]^{\mathrm{T}}.$$

---

[1] Точка на месте показателя степени (например $p^{\bullet}$) — любой из ранее используемых символов на данной позиции.

$$\begin{cases} c_0 = w_{пл}(1)p_{пл}(1) + w_{пл}(2)p'_{пл}(2), \\ c_1 = w_z(1) - w_{пл}(1), \\ c_2 = w_z(2) - w_{пл}(2), \\ c_3 = w_z(1) + w_z(2). \end{cases} \qquad \begin{cases} a_0 = \gamma(1)w_{пл}(1)p_{пл}(1) + \gamma(2)w_{пл}(2)p'_{пл}(2), \\ a_1 = \gamma(1)(w_z(1) - w_{пл}(1)), \\ a_2 = \gamma(2)(w_z(2) - w_{пл}(2)), \\ a_3 = \gamma(1)w_z(1) + \gamma(2)w_z(2). \end{cases} \quad (9)$$

Помимо общих требований к информативности и длительности наблюдений возмущенных режимов эксплуатации скважин, идентифицируемость (степень обусловленности матрицы *F*) модели притока в форме (7) относительно параметров ***c*** и a зависит от меры близости динамических свойств призабойных зон $T(1)$, $T(2)$, иными словами, от степени различимости переменных состояния $p_z(1,t)$, $p_z(2,t)$. В случае близости параметров $T(1)$ и $T(2)$ формируемые согласно (6) сигналы

$$p_z(1,t) \approx p_z(2,t) = \frac{1}{T(i)D+1} p_z(t)$$

становятся плохо различимыми, и модель регрессии (7) преобразуется к упрощенному виду

$$q_z(k) = c_0 + c'_4 p_z(1,k) - c_3 p_z(k), \quad m_z(k) = a_0 + a'_4 p_z(1,k) - a_3 p_z(k) \quad (10)$$

с укороченными векторами регрессоров и параметров

$$\boldsymbol{\upsilon_r}(k) = [1 \quad p_z(1,k) \quad -p_z(k)]^{\mathrm{T}},$$

$$\boldsymbol{c_r} = [c_0 \quad c'_4 \quad c_3]^{\mathrm{T}}, \ \boldsymbol{a_r} = [a_0 \quad a'_4 \quad a_3]^{\mathrm{T}}$$

где $\quad c'_4 = c_1 + c_2 = c_3 - w_{пл}(1) - w_{пл}(2)$,

и $\quad a'_4 = a_1 + a_2 = a_3 - \gamma(1)w_{пл}(1) - \gamma(2)w_{пл}(2)$.

Укороченная система уравнений, связывающая параметры $\boldsymbol{c_r}$, $\boldsymbol{a_r}$ с исходными параметрами (3) системы (1, 2, 5), приобретает вид

$$\begin{cases} c_0 = w_{пл}(1)p_{пл}(1) + w_{пл}(2)p'_{пл}(2), \\ c_4 = w_{пл}(1) + w_{пл}(2), \\ c_3 = w_z(1) + w_z(2). \end{cases} \qquad \begin{cases} a_0 = \gamma(1)w_{пл}(1)p_{пл}(1) + \gamma(2)w_{пл}(2)p'_{пл}(2), \\ a_4 = \gamma(1)w_{пл}(1) + \gamma(2)w_{пл}(2), \\ a_3 = \gamma(1)w_z(1) + \gamma(2)w_z(2). \end{cases} \quad (11)$$

где $c_4 = c_3 - c_1 - c_2$, $a_4 = a_3 - a_1 - a_2$.

МНК-оценки параметров укороченной модели (10)

$$F_r\hat{\boldsymbol{c}}_r = \boldsymbol{b}_c, \ F_r\hat{\boldsymbol{a}}_r = \boldsymbol{b}_r,$$

$$F_r = \sum\nolimits_{k\in K} \upsilon_r(k)\upsilon_r(k)^T, \quad (12)$$

$$\boldsymbol{b}_c = \sum\nolimits_{k\in K} q_z(k)\upsilon_r(k), \ \boldsymbol{b}_r = \sum\nolimits_{k\in K} m_z(k)\upsilon_r(k),$$

имеют более высокие показатели устойчивости, чем оценки алгоритма (8).

Для анализа условий разрешимости систем уравнений (9) и (11) относительно группы (3) исходных параметров притока проведем следующие построения. Согласно ранее принятых обозначений введем определения для векторов и матриц

$$\mathbf{1}=\begin{bmatrix}1\\1\end{bmatrix},\ \boldsymbol{\gamma}=\begin{bmatrix}\gamma(1)\\ \gamma(2)\end{bmatrix},\ \boldsymbol{w}_{\text{пл}}=\begin{bmatrix}w_{\text{пл}}(1)\\ w_{\text{пл}}(2)\end{bmatrix},\ \boldsymbol{w}_z=\begin{bmatrix}w_z(1)\\ w_z(2)\end{bmatrix},$$

$$\boldsymbol{h}_1=\begin{bmatrix}c_4\\a_4\end{bmatrix},\ \boldsymbol{h}_2=\begin{bmatrix}c_0\\a_0\end{bmatrix},\ \boldsymbol{h}_3=\begin{bmatrix}a_4\\a_3\end{bmatrix},\ \boldsymbol{h}_4=\begin{bmatrix}c_4\\c_3\end{bmatrix},\ \boldsymbol{h}_5=\begin{bmatrix}c_3\\a_3\end{bmatrix}, \tag{13}$$

$$\boldsymbol{h}_6=\begin{bmatrix}c_4\\c_0\end{bmatrix},\ \boldsymbol{h}_7=\begin{bmatrix}a_4\\a_0\end{bmatrix},$$

$$P=\begin{bmatrix}p_{\text{пл}}(1) & 0\\ 0 & p'_{\text{пл}}(2)\end{bmatrix},\ \Gamma^{\mathrm{T}}=[\mathbf{1}\quad \boldsymbol{\gamma}],\ W^{\mathrm{T}}=[\boldsymbol{w}_{\text{пл}}\quad \boldsymbol{w}_z].$$

Тогда согласно (11) можно записать

$$\Gamma\boldsymbol{w}_{\text{пл}}=\boldsymbol{h}_1,\ \ \Gamma P\boldsymbol{w}_{\text{пл}}=\boldsymbol{h}_2. \tag{14}$$

Отсюда $\boldsymbol{w}_{\text{пл}}=\Gamma^{-1}\boldsymbol{h}_1$ и $P\Gamma^{-1}\boldsymbol{h}_1=\Gamma^{-1}\boldsymbol{h}_2$, из чего следует

__Утверждение 1__. Пусть в условиях $|\gamma(1)-\gamma(2)|>\Delta$ (различимости жидкости) выполнено: $det[\boldsymbol{h}_1\quad \boldsymbol{h}_2]\approx 0$, тогда $p_{\text{пл}}(1)\approx p'_{\text{пл}}(2)\approx p_{\text{пл}}$ (среднепластовые давления почти не различимы) и $p_{\text{пл}}\cong c_0/c_4\cong a_0/a_4$.

__Доказательство__ следует из представления $P\approx p_{\text{пл}}I$ и равенства $p_{\text{пл}}\boldsymbol{h}_1=\boldsymbol{h}_2$.

Согласно (11) и принятым обозначениям (13) можно записать

$$W\boldsymbol{\gamma}=\boldsymbol{h}_3,\quad W\mathbf{1}=\boldsymbol{h}_4. \tag{15}$$

Отсюда следует

__Утверждение 2__. Если для любых W, таких, что $|detW|>\Delta$, выполнено $det[\boldsymbol{h}_3\quad \boldsymbol{h}_4]\approx 0$, то $\gamma(1)\approx\gamma(2)\approx\gamma(1)$ (удельные веса жидкостей почти не различимы) и $\gamma\cong a_3/c_3\cong a_4/c_4$.

__Доказательство__ следует из представления $\gamma\approx\gamma 1$ при подставке в (14) и равенства $\boldsymbol{h}_3\approx\gamma\boldsymbol{h}_4$.

Условие обратимости матрицы *W* определяет факт различимости свойств притоков в виде

$$|w_{\text{пл}}(1)w_z(2)-w_{\text{пл}}(2)w_z(1)|>\Delta. \tag{16}$$

__Утверждение 3__. Пусть в условиях (16) выполнено: $|det[\boldsymbol{h}_3\quad \boldsymbol{h}_4]|>\Delta$, тогда удельные веса жидкостей горизонтов различимы ($|\gamma(1)-\gamma(2)|>\Delta$) и алгоритм однозначного решения системы уравнения (9) относительно параметров (3) задается следующей инструкцией.

Начало

1	$\boldsymbol{\gamma}=[a_1/c_1\quad a_2/c_2]^{\mathrm{T}}$	*— вектор удельных весов добываемых флюидов*
2	$\boldsymbol{w}_{\text{пл}}=\Gamma^{-1}\boldsymbol{h}_1$	*— вектор коэффициентов продуктивности*

3 $\boldsymbol{w}_{\text{z}} = \Gamma^{-1}\boldsymbol{h}_{5}$ — *вектор гидропроводностей переходов «ПЗ-забой скважины»*

4 $\boldsymbol{q}_{\text{пл}} = \Gamma^{-1}\boldsymbol{h}_{2}$ — *вектор промежуточных данных расчета* ($\boldsymbol{q}_{\text{пл}} = P\boldsymbol{w}_{\text{пл}}$)

5 $\boldsymbol{p}_{\text{пл}} = [q_{\text{пл}}(1)/w_{\text{пл}}(1) \quad q_{\text{пл}}(2)/w_{\text{пл}}(2)]^{\text{T}}$ — *вектор давлений подпора зон внешнего окаймления*

Конец

Доказательство утверждения в точности соответствует логике последовательных вычислений с использованием ранее введенных обозначений (13) и равенств (14). Неоднозначность решений, связанная с возможным обнулением параметров c_1, c_2, a_1, a_2, упреждается условием (16).

Утверждение 4. Пусть в условиях утв. 3 выполнено: $|det[\boldsymbol{h}_1 \quad \boldsymbol{h}_2]| > \Delta$, что гарантирует различимость параметров ($|p_{\text{пл}}(1) - p'_{\text{пл}}(2)| > \Delta$) Λ ($|\gamma(1) - \gamma(2)| > \Delta$), тогда итеративный алгоритм решения укороченной системы уравнений (11) вводится следующей инструкцией:

Начало

1 $\boldsymbol{\gamma}(1) = [\gamma(1,1) \quad \gamma(2,1)]^{\text{T}}$

2 $j = 1$ — *начало цикла*

3 $\Gamma(j)^{T} = [\mathbf{1} \quad \boldsymbol{\gamma}(j)]$

4 $\boldsymbol{w}_{\text{пл}} = \Gamma(j)^{-1}\boldsymbol{h}_{1}$

5 $\boldsymbol{q}_{\text{пл}} = \Gamma(j)^{-1}\boldsymbol{h}_{2}$

6 $\boldsymbol{p}_{\text{пл}}(j) = [q_{\text{пл}}(1)/w_{\text{пл}}(1) \quad q_{\text{пл}}(2)/w_{\text{пл}}(2)]^{\text{T}}$ — *расчет вектора пластовых давлений j-го приближения*

7 $P_{\text{пл}}(j)^{T} = [\mathbf{1} \quad \boldsymbol{p}_{\text{пл}}(j)]$ – *формирование матрицы:* $P_{\text{пл}}(j)^{T}$

8 $\boldsymbol{w}_{\text{пл}} = P_{\text{пл}}(j)^{-1}\boldsymbol{h}_{6}$

9 $\boldsymbol{q}_{\text{г}} = P_{\text{пл}}(j)^{-1}\boldsymbol{h}_{7}$ – *вектор промежуточных данных расчета* ($\boldsymbol{q}_{\text{г}} = diag\{\gamma(1) \quad \gamma(2)\}\boldsymbol{w}_{\text{пл}}$).

10 $\boldsymbol{\gamma}(\boldsymbol{j}+\mathbf{1}) = [q_{\text{г}}(1)/w_{\text{пл}}(1) \quad q_{\text{г}}(2)/w_{\text{пл}}(2)]^{\text{T}}$

11 *Если* $\|\boldsymbol{\gamma}(j+1) - \boldsymbol{\gamma}(j)\| > \varepsilon$, *то* $\left| \begin{array}{l} \boldsymbol{\gamma}(j+1) := \nu \cdot \boldsymbol{\gamma}(j+1) + (1-\nu) \cdot \boldsymbol{\gamma}(j) \\ j := j+1 \\ \text{на } 3 \end{array} \right.$

иначе $\left| \begin{array}{l} \Gamma(j+1)^{T} = [\mathbf{1} \quad \boldsymbol{\gamma}(j+1)] \\ \boldsymbol{w}_{\text{пл}} = \Gamma(j+1)^{-1}\boldsymbol{h}_{1} \\ \boldsymbol{w}_{z} = \Gamma(j+1)^{-1}\boldsymbol{h}_{3} \\ \text{вывод} \quad /\, \boldsymbol{w}_{\text{пл}}, \boldsymbol{w}_{z}, \boldsymbol{p}_{\text{пл}} = \boldsymbol{p}_{\text{пл}}(j), \boldsymbol{\gamma} = \boldsymbol{\gamma}(j+1)\, / \end{array} \right.$

Конец

где $\nu \in (0,1)$ — шаг поиска, ε — параметр точности расчета.

Доказательство утверждения следует приведенной логике вывода в соответствии с описанием уравнений (11). В компонентных обозначениях, начиная с четвертой позиции, имеем

4 $$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ \gamma(1, j) & \gamma(2, j) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_{\text{пл}}(1) \\ w_{\text{пл}}(2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_4 \\ a_4 \end{bmatrix},$$

5 $$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ \gamma(1, j) & \gamma(2, j) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q_{\text{пл}}(1) \\ q_{\text{пл}}(2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_0 \\ a_0 \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} q_{\text{пл}}(1) \\ q_{\text{пл}}(2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_{\text{пл}}(1) p_{\text{пл}}(1, j) \\ w_{\text{пл}}(2) p'_{\text{пл}}(2, j) \end{bmatrix}$$

6 $$\boldsymbol{p}_{\text{пл}}(j) = [q_{\text{пл}}(1) / w_{\text{пл}}(1) \quad q_{\text{пл}}(2) / w_{\text{пл}}(2)]^{\text{T}}$$

7 $$P_{\text{пл}}(j)^T = [\mathbf{1} \quad \boldsymbol{p}_{\text{пл}}(j)]$$

8 $$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ p_{\text{пл}}(1, j) & p'_{\text{пл}}(2, j) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_{\text{пл}}(1) \\ w_{\text{пл}}(2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_4 \\ c_0 \end{bmatrix},$$

9 $$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ p_{\text{пл}}(1, j) & p'_{\text{пл}}(2, j) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q_{\text{г}}(1) \\ q_{\text{г}}(2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_0 \\ a_0 \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} q_{\text{г}}(1) \\ q_{\text{г}}(2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma(1, j+1) w_{\text{пл}}(1) \\ \gamma(2, j+1) w_{\text{пл}}(2) \end{bmatrix}$$

10 $$\boldsymbol{\gamma}(j+1) := \nu \cdot \boldsymbol{\gamma}(j+1) + (1-\nu) \cdot \boldsymbol{\gamma}(j)$$

11 _Условие останова и вывод результатов_,

что подтверждает логику расчета и соответствует утверждению.

Результаты данного исследования в части работоспособности модели притока и вопросы идентифицируемости модели должны подтверждаться примерами моделирования и решения обратной задачи — определения параметров притока скважины.

ЛИТЕРАТУРА

1. _Щелкачев В.Н., Лапук Б.Б._ Подземная гидравлика // Гостоптехиздат, Ижевск.: НИЦ Регулярная и хаотическая динамика, 2001. – 736 с.

2. _Первозванский А.А._ Курс теории автоматического управления [Текст] : учебное пособие / А.А. Первозванский. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. 616 с.

3. _Бесекерский В. А._ Теория систем автоматического регулирования. Изд. 4-е, перераб. и доп. / В.А. Бесекерский, Попов Е.П. СПб.: Профессия, 2003. 751 с.

4. _Растригин Л.А._ Современные принципы управления сложными объектами / Л.А. Растригин. М.: Сов. радио, 1980. 232 с.

Solovyev I.G., Vedernikova U.A., Gapanovich I.V.

Identification of influx parameters of an oil well draining two productive strata

The paper considers a linearized finite dimensional hydrodynamic model of influx in a vertical oil well draining two productive strata. Issues of hydrodynamic model identification and identifiability requirements are discussed.

Oil well, productive strata, hydrodynamic model, identification, identifiability.