

А. В. ДЕМИН, Т. Е. ВОЙТЮК

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ РАЗРАБОТКИ МНОГОПЛАСТОВЫХ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Представлена концептуальная модель и описаны основные функции автоматизированной системы контроля и управления процессом разработки многопластовых нефтяных месторождений. Рассмотрены вопросы построения измерительной системы.

Ключевые слова: модель, автоматизированная система, многопластовое месторождение, нефть.

Введение. В автоматизированных системах управления простым или сложным производством предусмотрен автоматический выбор вариантов решения по управлению в виде реакции на изменение входных параметров. Степень автономности системы в принятии решения и последующей его реализации устанавливается лицом, разрабатывающим и обслуживающим систему. Зачастую на автоматизированные системы возлагается функция сбора производственной информации и ее анализа по определенным стереотипам. В этом случае правильность принятого решения зависит от квалификации обслуживающего персонала. Таким образом, возникает альтернатива — уменьшить роль „человеческого фактора“, повышая автономность автоматизированных систем в принятии решения (управлении производством), либо повысить подготовленность персонала.

Активное развитие технологий способствует созданию все более сложных и дорогостоящих производств, многие из которых характеризуются быстротекущими процессами. Время „принятия решения“ обслуживающим систему персоналом стремительно сокращается, тем самым обуславливая работу человека на пределе возможностей. В этой связи возрастает роль автоматизированных систем управления производственными процессами.

Одной из современных производственных отраслей, в которых целесообразно применение таких автоматизированных систем, является нефтегазовая промышленность. Объемы добываемой нефти и газа из года в год увеличиваются. Однако при такой интенсивной добыче запасы быстро сокращаются, что обуславливает необходимость поиска и разработки новых месторождений, расположенных в удаленных местах с суровым климатом. Вследствие этого растет себестоимость добываемых ресурсов, усложняется транспортировка. Кроме того, добыча по прежней схеме эксплуатации скважины, когда нефть добывается только из одного пласта, экономически не выгодна. Основным способом решения данной проблемы является добыча нефти из многопластовой скважины [1]. Необходимое условие работы по такой технологии — постоянный мониторинг параметров многопластовой скважины [2]. Таким обра-

зом, очевидна актуальность создания модели автоматизированной системы контроля и управления процессом разработки многопластовых нефтяных месторождений.

Модель системы. Основные функции автоматизированной системы — мониторинг и управление. Функция контроля заключается в создании наиболее полной информационной базы по производству, промыслу и эксплуатации скважины. Правильность принятого решения определяется степенью полноты информации о наличии и составе нефти. Увеличение объема информационной базы не может служить гарантией правильности принимаемых на ее основе производственных и технологических решений. Тем самым для создания инструмента принятия решений необходимо определить структуру автоматизированной системы.

Автоматизированная система мониторинга многопластовой скважины состоит из наземной и скважинной частей.

Скважинная часть системы содержит подсистему геофизического исследования скважины и подсистему передачи информации. Подсистема геофизического исследования скважины представляет собой набор датчиков, размещенных по глубине через заданные интервалы. Функцией данной подсистемы является измерение градиента температуры, влагометрии, гамма-излучения, акустических сигналов притока жидкости, давления по профилю действующей скважины. Подсистема передачи информации представляет собой волоконно-оптический бронированный кабель и выполняет функцию передачи данных, поступающих с датчиков, в наземный блок обработки.

Наземная часть состоит из подсистем первичной и конечной обработки информации. В состав первичной подсистемы входят оптическое измерительное устройство, предназначенное для преобразования оптического сигнала, поступающего с датчиков, в аналоговый электрический сигнал, и блок преобразования аналогового электрического сигнала в цифровой код. Подсистема конечной обработки информации предназначена для хранения, обработки и отображения информации, в соответствии с которой принимается решение по управлению наземным и забойным оборудованием.

Параметры оптического излучения, проходящего через волоконно-оптический кабель и датчики, изменяются под воздействием физической среды и регистрируются в подсистеме первичной обработки информации.

На рис. 1 представлен алгоритм регистрации параметров (температуры T , давления P , γ -излучения, плотности потока), характеризующих нефтяной поток, отображаемый изменением зондирующего оптического сигнала, регистрируемого как эхо-сигнал волоконно-оптическим преобразователем (датчиком). Эхо-сигнал может быть представлен следующим соотношением:

$$\Delta\varphi(t) = \varphi_0 + K_v V(t),$$

где φ_0 — опорная разность фаз (сдвиг по фазе, определяемый как зависимость от расстояния, здесь не учитывается, так как размером скважины можно пренебречь); K_v — чувствительность преобразователя к воздействию $V(t)$ физической среды [3].

Величина, определяющая изменение разности фаз относительно опорной, характеризует степень отклонения параметров добычи от нормы.

Сигнал, получаемый по оптической линии связи, обрабатывается в оптоэлектронном блоке (рис. 2). Таким образом, полученная фазовая задержка света преобразуется в напряжение

$$u(t) = K_\varphi \Delta\varphi(t),$$

где K_φ — чувствительность преобразования разности фаз в выходное напряжение.

$$\hat{W}(\omega) = \frac{1}{f_d} \frac{\left| \sum_{k=0}^{N-1} x_k \omega_k e^{-j\omega k T} \right|^2}{\sum_{k=0}^{N-1} |\omega_k|^2},$$

где f_d — частота дискретизации, x_k — отсчеты, ω_k — коэффициент значимости отсчета, назначаемый в результате первичного анализа многопластовой скважины.

Как показывает практика, изменение статистических и корреляционных свойств случайного процесса достаточно медленное и составляет примерно 10 кГц, тогда $f_d \approx 20$ кГц.

Для выделения или подавления определенных частот, в целях дальнейшего анализа цифрового сигнала, используются низкочастотные, высокочастотные или полосовые фильтры [5]; характеризующие их параметры определяются как

$$y(k) = b_0 x_k + b_1 x_{k-1} + \dots + b_m x_{k-m} - a_1 y_{k-1} - a_2 y_{k-2} - \dots - a_n y_{k-n},$$

где a_i и b_j — постоянные коэффициенты; максимальные из чисел m и n — порядок фильтра [6].

Структурная схема алгоритма работы системы с учетом ее функциональных особенностей представлена на рис. 3.

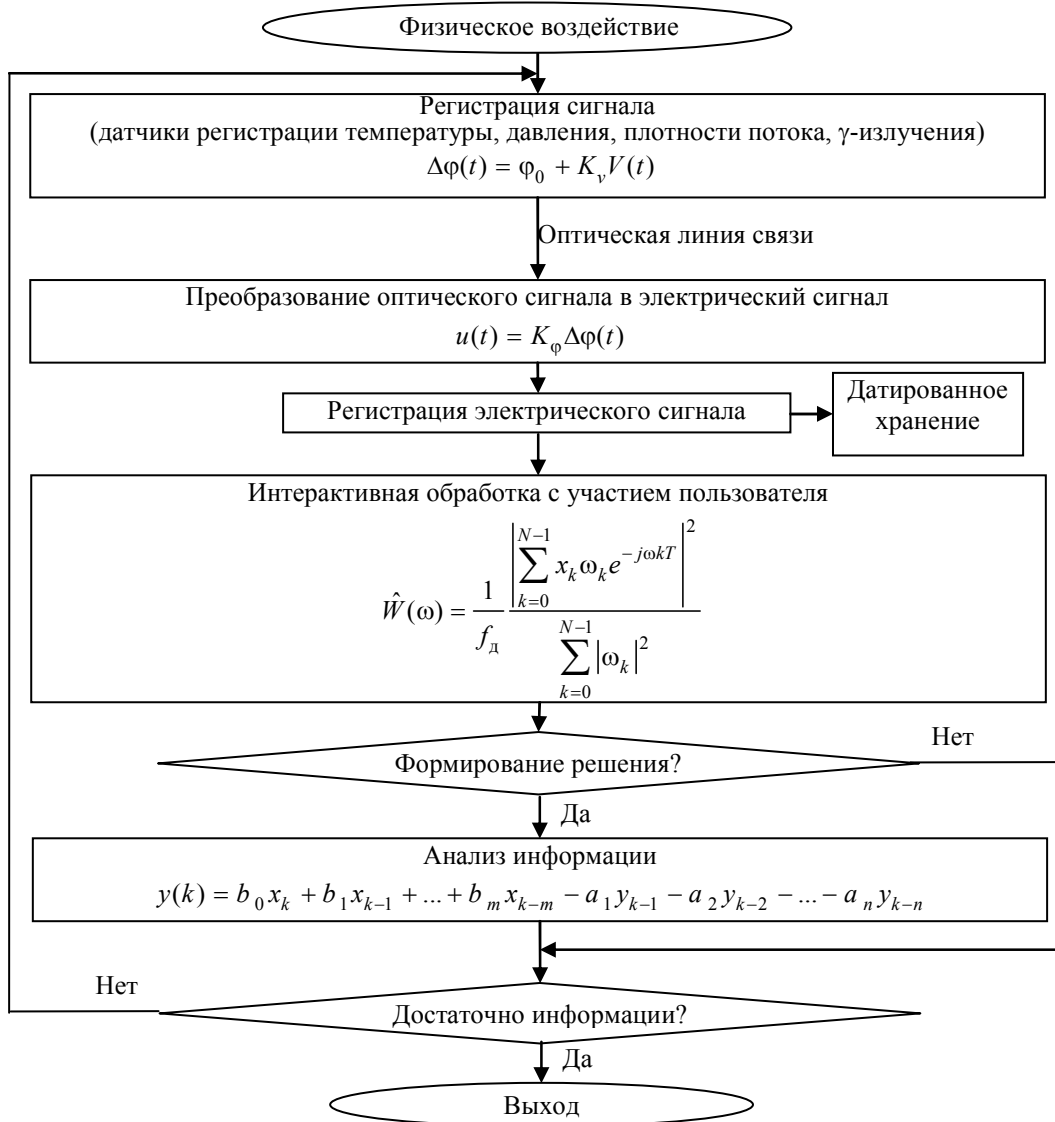


Рис. 3

Заключение. На основании вышеизложенного можно утверждать, что предложенный алгоритм мониторинга многопластовых скважин позволяет повысить эффективность их использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Форест Г.* Добыча нефти: Пер. с англ. М.: ЗАО „Олимп-Бизнес“, 2003. 416 с.
2. *Крылов Д. Н.* Детальный прогноз геологического разреза в сейсморазведке. М.: ООО „Недра-Бизнесцентр“, 2007. 195 с.
3. *Лиокумович Л. Б.* Волоконно-оптические интерферометрические измерения. Ч. 2. Волоконный интерферометрический чувствительный элемент. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. 68 с.
4. *Welch P. D.* The use of fast fourier transform for the estimation of power spectra: A method based on time averaging over short, modified periodograms // IEEE Trans. Audio Electroacoust. 1967. Vol. AU-15 (June). P. 70—73.
5. *Percival D. B., Walden A. T.* Spectral Analysis for Physical Applications: Multitaper and Conventional Univariate Techniques. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1993.
6. *Бондарев В. Н., Трёстер Г., Чернега В. С.* Цифровая обработка сигналов: методы и средства. Севастополь: СевГТУ, 1999. 398 с.

Сведения об авторах

- Анатолий Владимирович Демин** — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра информатики и прикладной математики; E-mail: dav_60@mail.ru
- Татьяна Евгеньевна Войтюк** — аспирант; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра информатики и прикладной математики; E-mail: tanya_4ever@mail.ru

Рекомендована кафедрой
информатики и прикладной математики

Поступила в редакцию
24.03.10 г.