

ОБРАБОТКА ПАРАМЕТРОВ БУРЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГЛУБИННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Ишемгужин Е.И., Надыршин Р.Ф.
Уфимский государственный нефтяной технический университет

Шаисламов Ш.Г.
ОАО «Башнефтегеофизика»

Информационные технологии, широко внедряемые в настоящее время в практику нефтегазодобывающих компаний, позволяют производить диагностику и прогнозирование, как отдельных объектов (долот, забойных двигателей), так и всего комплекса оборудования бурения, на более высоком техническом уровне. Современные компьютерные системы дают возможность сбора большого объема данных технологических параметров бурения, с помощью, как общеизвестных программных пакетов, так и специальных разработанных программ, а также повышают точность замеров.

На буровых используются станции, которые снимают показания датчиков в реальном времени, производят обработку замеров и передачу обработанных данных. Программный модуль производит непрерывный контроль и управление полным технологическим циклом строительства скважины, осуществляет прогнозирование для своевременного предотвращения аварийных ситуаций.

На результаты измерений, проводимых в процессе бурения, влияют случайные воздействия, которые изменяют реальную картину работы оборудования в процессе измерений. Для технологического процесса бурения скважины характерны следующие особенности:

- 1) большое число случайных факторов, изменяющихся во времени и влияющих на качество и технико-экономические показатели работ;
- 2) разнообразие геолого-технических условий бурения;
- 3) искажение полезного сигнала (о нагрузке на крюке, крутящем моменте, затратах мощности, механической скорости бурения и др.), используемого для определения параметров режима бурения [1].

В связи с этим, показатели бурения (скорость бурения, осевая нагрузка на долото, проходка на долото) следует рассматривать как случайные отклонения, а процессы – как случайные функции. Различные горные породы по-разному

вливают на износостойкость долота, что также приводит к возникновению вероятностного взгляда на проблему их выбора.

Таким образом, первичная обработка опытных данных, полученных в процессе бурения должна базироваться на вероятностных представлениях.

На буровых АНК «Башнефть» используются станции геолого-технологических исследований (ГТИ) типа «Геотест-5» для организации сбора и передачи геолого-геофизической информации с каждой буровой в центр обработки информации. Станции ГТИ позволяют в цифровой форме регистрировать технологические параметры бурения, и предназначены для работы с газокаротажной станцией АГКС и комплексами наземных датчиков технологического контроля бурения.

Состояние бурового оборудования (нормальное, предаварийное и т.д.) может быть охарактеризовано комплексом значений технологических параметров. Обоснование необходимого и достаточного комплекса параметров, подлежащих контролю, представляет важную задачу, для решения которой необходимо исследовать информативность всей совокупности параметров, характеризующих технологический объект управления с учетом его вида и состава. Также следует изучить структурную схему, функциональные связи и особенности объекта. На рисунке 1 представлена структурная схема измерения технологических параметров. Данные с датчиков приходят на пульт бурильщика, обрабатываются с помощью встроенного аналого-цифрового преобразователя и по специальному кабелю передаются на компьютер [2].

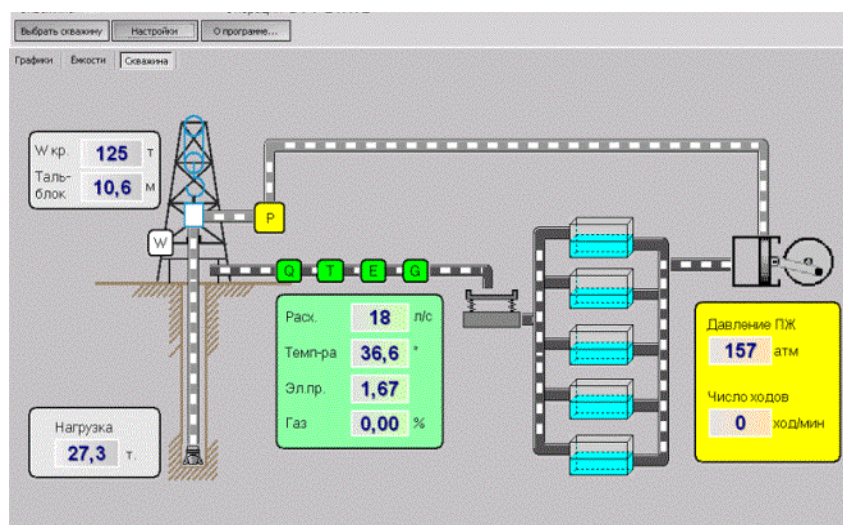


Рисунок 1. Структурная схема измерений технологических параметров

Решение обозначенной проблемы имеет большое технико-экономическое значение. С одной стороны, недостаток числа измеряемых параметров приводит к информационному дефициту и невозможности оценить состояние технологических процессов при бурении скважин, и, следовательно, определить направление и интенсивность управляющих воздействий. Это приводит либо к перерасходу материалов и химических реагентов при регулировании свойств буровых растворов, долот и др., либо к осложнениям и авариям, т.е. к большим технико-экономическим потерям. С другой стороны, избыточные, малоинформативные параметры практически не используются при оценке состояний технологических процессов при бурении скважин и, следовательно, затраты на их измерение и расчеты не оправданы.

На первом этапе решения задачи оценки значимости технологических параметров, подлежащих контролю при бурении скважин, необходимо использовать накопленный специалистами в области технологии бурения скважин опыт ранжирования, т.е. упорядочения параметров по степени их значимости [3].

При выборе контролируемых параметров, полученных с помощью станций ГТИ при бурении скважин АНК «Башнефть», определим информативную значимость каждого из них. В состав комплекса параметров, подлежащих контролю при бурении глубоких скважин, включены:

- 1 вес на крюке;
- 2 давление промывочной жидкости на входе в скважину;
- 3 плотность промывочной жидкости на входе в скважину;
- 4 крутящий момент ротора;
- 5 расход промывочной жидкости на выходе из скважины;
- 6 положение тальблока;
- 7 расход промывочной жидкости на входе в скважину;
- 8 скорость спуско-подъемных операций;
- 9 скорость механическая;
- 10 скорость бурения;
- 11 температура на выходе из скважины;
- 12 объем промывочной жидкости в емкостях.

Для проверки согласованности ранжировки параметров вычислили статистику Фридмана (ГОСТ 12554.2–81). Результаты проведенных вычислений показали, что основными значимыми параметрами бурения глубоких нефтяных и газовых скважин являются следующие:

- 1 нагрузка на крюк;
- 2 давление промывочной жидкости на входе в скважину;
- 3 плотность промывочной жидкости на входе в скважину;
- 4 расход промывочной жидкости на входе в скважину.

При дальнейшем исследовании состояния глубинного оборудования изучалась только нагрузка на долото, рассматриваемая как наиболее значимый параметр при бурении и вычисляемая как разность нагрузки на крюк до и после установки инструмента.

Анализ экспериментальной информации показывает, что случайные отклонения, возникающие в технических нелинейных системах, часто имеют детерминированный характер. Значит, состояние технической системы можно определить детерминированными методами, используя, например, методы теории детерминированного хаоса. Применяя эти методы для определения технического состояния глубинного оборудования, используем запись осевой нагрузки на долото, временной ряд которой должен быть достаточно длинным.

Поэтому в процессе обработки данных записи осевой нагрузки на долото рассмотрим совместно несколько выборок соседних интервалов долбления. Это обусловлено потребностью более полного рассмотрения процесса бурения для проведения количественной оценки технического состояния глубинного оборудования. При этом предполагается, что на основании базы данных информационной измерительной системы можно построить законы распределения анализируемого параметра.

Подобные задачи в математической статистике решаются путем постановки и проверки статистических гипотез. В практике обработки результатов наблюдений распределение генеральной совокупности часто неизвестно либо отличается от нормального распределения (для непрерывных случайных величин). В этих случаях применяют методы, не зависящие от распределения генеральной совокупности (непараметрические методы) [4].

Проверка статистической гипотезы основывается на принципе, в соответствии с которым маловероятные события считаются невозможными, а события, имеющие большую вероятность, считаются достоверными. Проверяемая (основная) гипотеза называется нулевой гипотезой и обозначается H_0 . Наряду с ней рассматривают одну из или несколько альтернативных (конкурирующих) гипотез, обозначаемых H_1, \dots, H_n . Обычно гипотеза H_0 утверждает, что различие между сравниваемыми истинными параметрами для двух выборок отсутствует, а наблюдаемые отклонения объясняются случайными колебаниями в выборках. Границей между высокой и малой вероятностью служит уровень значимости α .

Проверку гипотезы о принадлежности независимых выборок одной и той же генеральной совокупности, осуществим с помощью критерия согласия Вилкоксона, Манна и Уитни [4], позволяющий при неясном виде функции распределения обрабатывать большие объемы выборок.

На примере записей временных рядов осевой нагрузки на долото, полученных во время двух первых интервалов забуривания свеч 16 долбления скважины № 1471 Шкаповской площади (Кандринское УБР), покажем применение выбранного критерия для определения однородности этих выборок, принадлежащей одной генеральной совокупности – записи, полученной во время одного долбления. Первая выборка включает 329 значений, вторая – 330 значений.

При проверке гипотезы H_0 примем уровень значимости α равный 0,1. Упорядочив результаты измерений, определили ранги каждого из них. Для первой выборки сумма рангов составила $R_1 = 125804$, ее инверсия – $w_1 = 37051$, для второй выборки – $R_2 = 91666$, $w_2 = 71519$. Меньшей из двух инверсий является $w = w_1 = 37051$. Подставляем ее в формулу нахождения квантиля нормального распределения, получаем $z = -0,07$. При квантиле уровня $P = 1 - \frac{\alpha}{2} = 0,95$ табличное значение квантиля нормированной функции $z_{0,95} = 1,65$ [4]. Условие, что вычисленный квантиль нормального распределения

z меньше или равен табличному значению $z_{0,95}$ выполняется, и гипотеза H_0 принимается. Значит, выборка, полученная из записи данных по двум ближайшим интервалам 16-го долбления, скважины № 1471 однородна, содержит достаточное количество членов временного ряда, и, следовательно, возможна дальнейшая их совместная обработка.

Аналогичным образом доказывается однородность временных рядов записи разных интервалов долбления единой генеральной совокупности данных, представляющих временной ряд записи осевой нагрузки, полученной во время одного долбления. Предварительно обработанный таким образом временной ряд записи осевой нагрузки на долото, полученный во время бурения, далее может подвергаться анализу с применением методов теории детерминированного хаоса.

Например, для реконструкции фазового портрета записи осевой нагрузки на долото 16-го долбления скважины № 1471 получили указанным выше способом достаточно длинный временной ряд, который разделили на 4 интервала долбления по 600 значений в каждом. С помощью программы «Fractan 4.4» [5] для каждого интервала долбления были реконструированы методом запаздывания [6] странные аттракторы (рис. 2 – 5, где τ – оптимальная временная задержка) – множество точек в фазовой плоскости, притягивающихся к некоторой ее области.

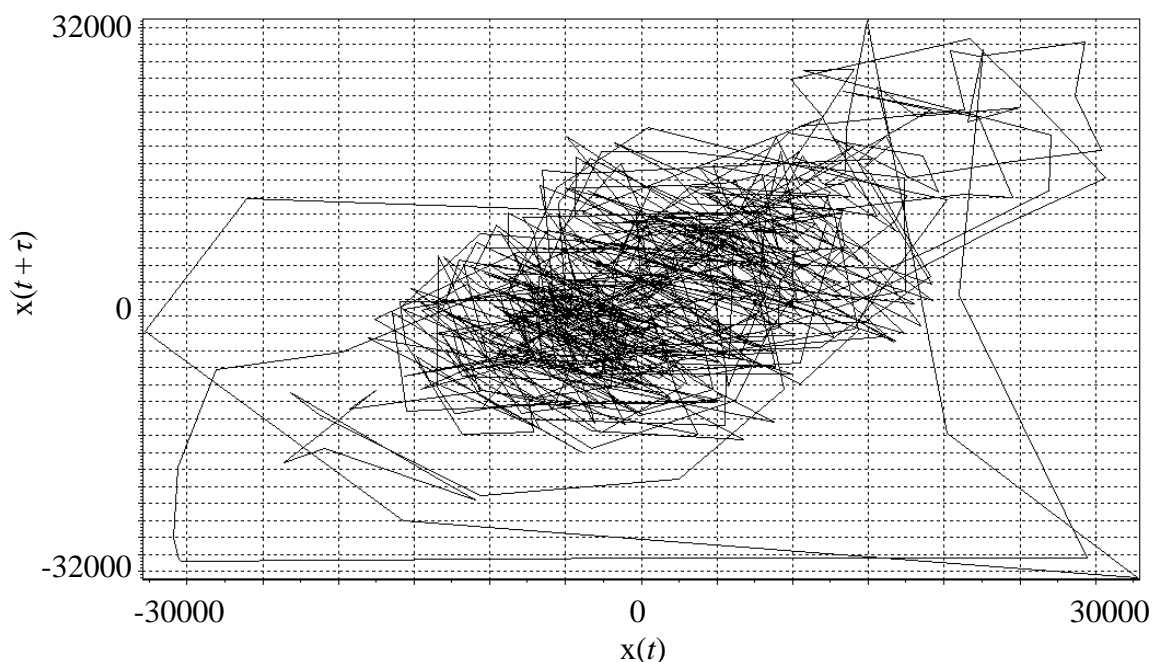


Рисунок 2. Аттрактор записи начала долбления

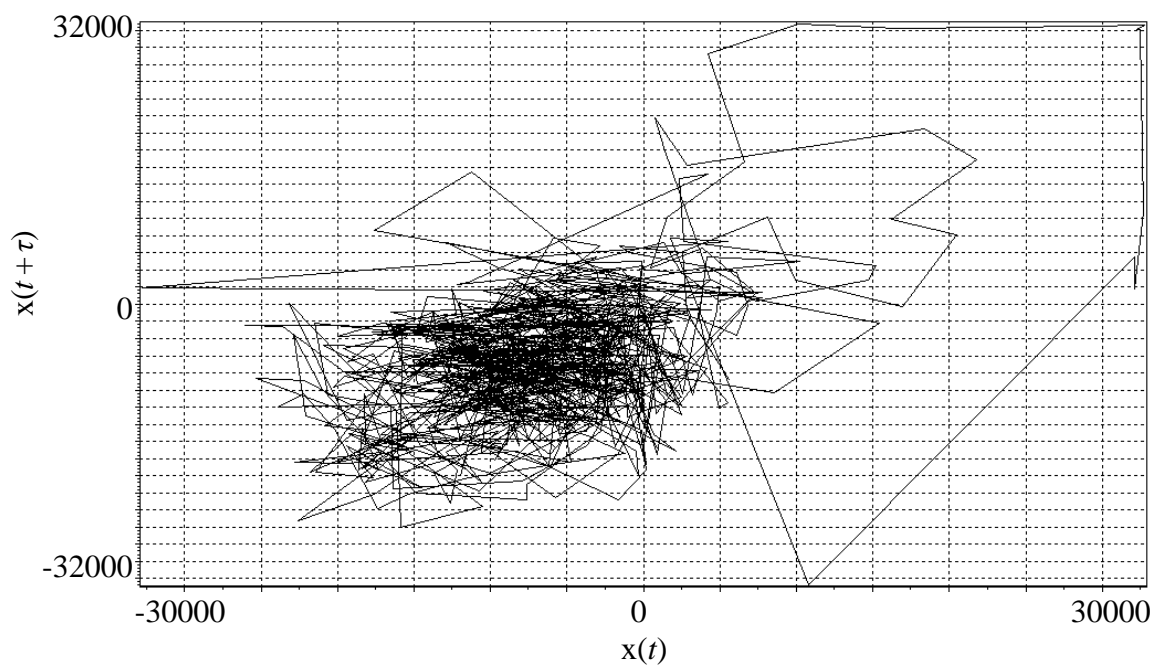


Рисунок 3. Аттрактор записи первого срединного интервала долбления

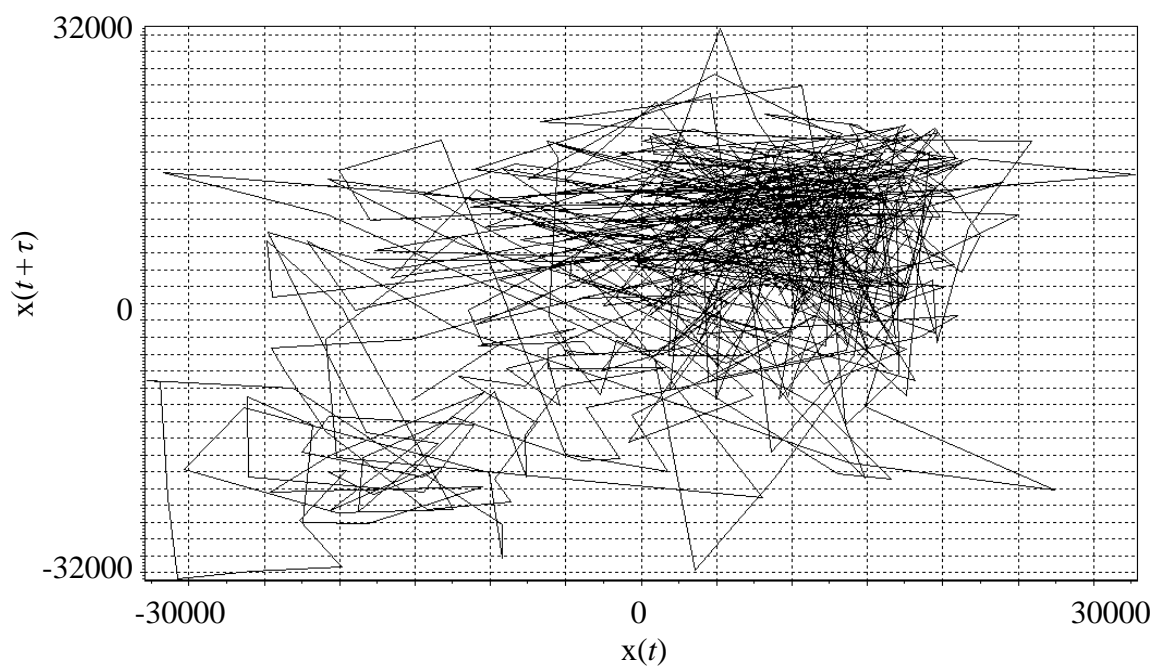


Рисунок 4. Аттрактор записи второго срединного интервала долбления

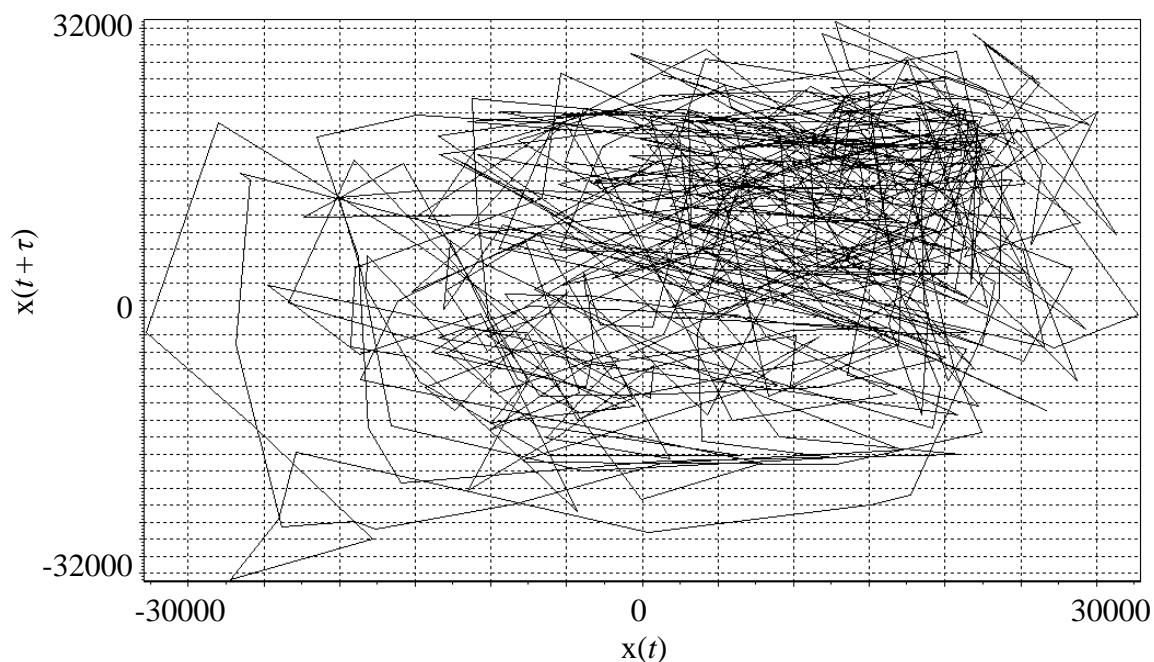


Рисунок 5. Аттрактор записи конца долбления

По виду аттракторов, отображающих динамику системы в разные интервалы долбления, можно проследить ее изменение. Значит, применяя теорию реконструкции фазового портрета можно сделать заключение о состоянии глубинного оборудования.

Литература

1. Байков И.Р. Методы анализа надежности и эффективности систем добычи и транспорта углеводородного сырья / И.Р. Байков, Е.А. Смородов, К.Р. Ахмадуллин. – М.: ООО "Недра-Бизнесцентр", 2003. – 275 с.: ил.
2. Лугуманов М.Г. Система удаленного контроля и управления процессом строительства скважин / М.Г. Лугуманов, А.Б. Гусев, Д.В. Артемов // Научно-технический вестник "Каротажник" – 2005. – № 5–6. <http://npf-geofizika.ru/leuza/science/article20.htm> .
3. Булатов А.И. Контроль процессов бурения нефтяных и газовых скважин / А.И. Булатов, В.И. Демихов, П.П. Макаренко. – М.: ОАО "Издательство "Недра", 1998. – 345 с. ил.

4. Ганджумян Р.А. Математическая статистика в разведочном бурении: Справочное пособие / Р.А. Ганджумян. – М.: Недра, 1990. – 218 с.: ил.
5. «FRACTAN 4.4» Вычисление корреляционной размерности, корреляционной энтропии и показателя Херста по временному ряду данных.
<http://impb.psn.ru/~sychyov/html/index.shtml>
6. Кузнецов А.П. Динамический хаос / А.П. Кузнецов. – М.: Изд-во физ-мат. лит., 2001. – 296 с. <http://www.fizmatlit.narod.ru/webrary/kuzn/kuzn.htm> .