

Работа выполнена в Уфимском государственном нефтяном техническом университете.

Научный руководитель доктор технических наук, профессор
Ишемгужин Евгений Измайлович.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Галеев Ахметсалим Сабирович;

доктор технических наук, доцент
Шайдаков Владимир Владимирович

Ведущая организация Самарский государственный технический
университет

Защита состоится 27 декабря 2006 года в 10-00 на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.289.05 при Уфимском государственном нефтяном техническом университете по адресу: 450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уфимского государственного нефтяного технического университета.

Автореферат разослан 24 ноября 2006 года.

Ученый секретарь совета

Закир

Закирничная М.М.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы.

Увеличение эффективности работы глубинного бурового оборудования связано с необходимостью оценки его технического состояния. Зная достоверную информацию о техническом состоянии, можно увеличить ресурс и предупредить аварийную ситуацию на буровой. В настоящее время используют автоматизированные геолого-технологические системы сбора записей промысловых данных, которые решают задачи по повышению эффективности и надежности оборудования благодаря своевременному мониторингу эксплуатационных параметров. Объем полученных данных и их точность позволяют разрабатывать новые методы определения технического состояния оборудования на буровых.

Однако в специфических условиях работы компоновки низа буровой колонны под влиянием различных факторов, в том числе и случайных, возникают сложности уже при регистрации параметров и передаче их на дневную поверхность. В связи с этим актуальной становится разработка новых методов диагностирования, которые повышают достоверность оценки технического состояния глубинного оборудования.

Одновременно важной задачей является разработка технических устройств, учитывающих особенность действия нагрузок на низ буровой колонны, способных гасить широкий спектр колебаний, возникающих при бурении.

Цель работы.

Разработка методов оценки технического состояния глубинного бурового оборудования с использованием реконструированных фазовых портретов детерминированного хаоса.

Задачи исследования.

1 Выбор параметра бурения для оценки технического состояния глубинного оборудования с использованием методов теории детерминированного хаоса.

2 Анализ работы глубинного оборудования при различных режимах бурения и компоновках бурильной колонны посредством реконструкции фазовых портретов записей параметров бурения.

3 Исследование количественных параметров аттрактора и их соответствие техническому состоянию глубинного оборудования.

4 Разработка конструкции наддолотного виброгасящего устройства с учетом влияния хаотических колебаний.

Методы решения задач.

При решении поставленных задач были использованы: статистические методы, теория нелинейных колебаний, спектрально-корреляционный анализ, метод реконструкции фазовых портретов и элементы теории детерминированного хаоса.

Научная новизна.

1 Подтверждено, что хаотические колебания бурильного инструмента являются одной из причин его интенсивного износа.

2 Установлено, что для оценки состояния глубинного бурового оборудования наиболее информативным количественным параметром аттрактора является фрактальная размерность, значения которого характеризуют степень износа оборудования (интервал значений 0,74-1,26).

3 Определено, что отношение значений фрактальных размерностей аттрактора при текущем состоянии глубинного оборудования к значениям размерностей в начальный момент времени бурения при оптимальном режиме бурения является критерием состояния его работоспособности.

Практическая ценность работы.

1 Способ контроля параметров в процессе турбинного бурения нефтяных и газовых скважин был использован для диагностики глубинного оборудования Уфимским управлением геофизических работ ОАО «Башнефтегеофизика» (г. Уфа).

2 Разработанные методические рекомендации по оценке технического состояния нефтегазопромыслового оборудования используются в ЗАО

«Конструкция» (г. Уфа).

3 Способ обработки сигналов методом реконструкции фазового портрета теории детерминированного хаоса используется для определения технического состояния участков подземных нефтегазопроводов на предприятии ООО «Диапайп» (г. Октябрьский).

4 Материалы диссертации по использованию элементов теории детерминированного хаоса при оценке технического состояния глубинного оборудования используются в учебном процессе для студентов Уфимского государственного нефтяного технического университета при изучении дисциплины «Обеспечение надежности нефтегазовых объектов» (г. Уфа).

Апробация работы.

Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на следующих конференциях: Всероссийской научно-технической конференции «Проектирование и эксплуатация нефтегазового оборудования» (г. Уфа, 2004 г.); 56-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ (г. Уфа, 2005 г.); X Международной научно-технической конференции при X Международной специализированной выставке «Строительство. Коммунальное хозяйство – 2006» (г. Уфа, 2006 г.); Научно-технической конференции «Актуальные проблемы нефтегазового дела», посвященной 50-летию филиала УГНТУ в г. Октябрьский (г. Октябрьский, 2006 г.).

Публикации.

По материалам диссертации опубликовано 7 научных работ, в том числе 6 статей и тезисы одного доклада.

Объем и структура работы.

Диссертационная работа состоит из четырех глав, основных выводов, библиографического списка из 169 наименований; содержит 160 страниц машинописного текста, в том числе 70 рисунков, 8 таблиц и 10 приложений на 27 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, поставлены цель и основные задачи, а также сформулирована научная новизна проведенного исследования и его практическая значимость.

Первая глава диссертации посвящена исследованию работы колебательной системы глубинного оборудования, а также обзору применяемых виброгасителей. Проведен анализ распространенных методов диагностирования буровых машин.

При бурении скважин возникают динамические нагрузки, вызванные сложными колебаниями забойного оборудования. Основные причины этих колебаний: неравномерная подача промывочной жидкости, неоднородность горных пород, конструкционные особенности забойных двигателей, следствием чего является преждевременный износ бурового оборудования и ухудшение показателей бурения. В то же время колебания бурильной колонны, возбуждаемые шарошечным долотом, играют положительную роль, способствуя разрушению горной породы.

Изучению работы глубинного оборудования в скважине посвящены исследования Балицкого П.В., Бахтизина Р.Н., Габдрахимова М.С., Галлеева А.С., Ганджумяна Р.А., Григулецкого В.Г., Иоаннесяна Р.А., Калинина А.Г., Керимова З.Г., Лачиняна Л.А., Лягова А.В., Мавлотово М.Р., Матвеева Ю.Г., Попова А.Н., Санникова Р.Х., Симонова В.В., Спивака А.И., Сарояна А.Е., Султанова Б.З., Юнина Е.К., Юртаева В.Г., Шайдакова В.В., Янтурина А.Ш. и многих других.

В последнее время на буровых используют автоматизированные системы сбора данных в процессе бурения. Это дает возможность использовать современные методы диагностирования, для которых необходим достаточно большой массив данных. В работах Мирзаджанзаде А.Х., Бахтизина Р.Н., Кузеева И.Р., Байкова И.Р. Хасанова М.М. используются методы теории детерминированного хаоса для диагностирования нефтепромыслового оборудования. В работах Ямалиева В.У., Лягова А.В. был проведен

качественный анализ временных рядов параметров бурения, доказывающий возможность применения теории детерминированного хаоса для диагностики глубинного оборудования.

Рассмотрена классификация колебательных систем глубинного бурового оборудования, в которой выделены факторы, влияющие на его работу, а также методы, применяемые для исследования этих систем (рисунок 1).

В сильно нелинейной системе, неоднозначно воспринимающей влияние различных факторов, могут исчезать или внезапно появляться хаотические колебания. В связи с этим исследования в данной работе направлены на изучение хаотических колебаний глубинного бурового оборудования как опасного явления, способствующего его неконтролируемому износу.

Рассмотрена динамика приведенных колебательных систем в фазовом пространстве. Состояние исследуемого объекта в этом пространстве соответствует точке, а последовательность проходимых им состояний определяет кривую – фазовую траекторию. Если система диссипативна, то в ней устанавливается некоторый постоянный режим, что находит отражение в сходимости семейств фазовых траекторий к некоторому инвариантному подмножеству фазового пространства (аттрактору).

Для исследования временной записи параметров бурения в фазовой плоскости была использована теорема Такенса, которая позволяет восстановить истинный аттрактор в реконструированном фазовом пространстве. В данной работе реконструкция фазового пространства была осуществлена методом запаздывания, заключающемся в возможности восстановления фазового портрета динамической системы по скалярному временному ряду, если в качестве недостающих координат вектора состояния используется тот же самый ряд, взятый с некоторым запаздыванием.

Проведен анализ аттракторов динамики колебательных систем при разных режимах работы. Установлено, что вид фазового портрета отражает тип, а также природу исследуемой динамической системы: либо она случайна, либо подчиняется определенным законам, т.е. детерминирована. Построение



Рисунок 1 – Классификация колебательных систем глубинного бурового оборудования

изображений аттракторов выполнялось с помощью пакета программ «Fractal 4.4» и «WinSet».

Для защиты глубинного оборудования от колебаний применяются виброгасители, расположенные в разных местах компоновки бурильного оборудования. Большинство существующих конструкций виброгасящих устройств предназначено для гашения отдельных видов колебаний (например, продольных), имеют достаточно узкие области применения и до сих пор не стали неотъемлемым элементом глубинного бурового оборудования. Воздействию случайных колебаний на виброзащитное оборудование уделяется недостаточно внимания. Влияние виброгасителей на глубинное оборудование при хаотических колебаниях в известной литературе не рассматривается.

Эффективность эксплуатации бурового оборудования во многом определяется совершенством методов распознавания его технического состояния. Сложность выбора метода оценки технического состояния глубинного оборудования заключается в том, что определение его состояния производится в эксплуатационных условиях, обычно при неполной информации о происходящих динамических процессах. При этом используют вероятностно-статические методы диагностики бурового оборудования, в том числе теорию случайных процессов, спектрально-корреляционный анализ, теорию выбросов и другие. В качестве диагностических параметров используют спектральную плотность, дисперсию, число выбросов, коэффициент Джини, вейвлеты, которые вычисляют по колебаниям осевой нагрузки на долото или давления бурового раствора. Данные методы неоднозначно определяют степень и вид дефектов при регистрации сложных сигналов.

Проведенный анализ методов диагностики глубинного бурового оборудования показывает необходимость разработки дополнительных методов обработки записи колебаний параметров бурения.

Предлагается использовать методы теории детерминированного хаоса для установления диагностических критериев глубинного бурового

оборудования как математических образов режима функционирования динамической системы.

Во второй главе рассмотрены методы регистрации и обработки промысловых данных для оценки технического состояния глубинного оборудования.

Информационные технологии, широко внедряемые в настоящее время в практику нефтегазодобывающих компаний, позволяют производить диагностику и прогнозирование состояния как отдельных объектов (долот, забойных двигателей), так и всего комплекса оборудования для бурения, представляющего собой сложную взаимосвязанную систему. В частности, внедрение новых технологий дает возможность преодолеть одну из существенных трудностей, ограничивающих достоверность статистических оценок и математических моделей нефтегазовых технологических процессов, а именно, недостаточность объема и точности данных промышленной эксплуатации.

Современные системы диагностирования достаточно совершенны с технической точки зрения. С начала 90-х гг. XX в. широко внедряются методы получения и обработки информации с использованием автоматизированных компьютерных систем.

Измерение технологических параметров производилось на основе данных лаборатории геолого-технологических исследований типа «Геотест-5», предназначенной для организации сбора и передачи геолого-геофизической информации с буровой в центр обработки информации. Анализу подвергались записи данных по скважинам Кандринского УБР, пробуренным с 2004 по 2006 гг.

Состояние бурового оборудования (нормальное, предаварийное и т.д.) может быть охарактеризовано значениями некоторого комплекса технологических параметров. Была исследована значимость всей совокупности параметров, характеризующих технологический объект управления бурения с учетом его вида и состава для обоснования необходимости и достаточности состава комплекса параметров, подлежащих контролю. Изучена структурная

схема, функциональные связи и особенности записи параметров бурения.

При выборе контролируемых параметров бурения, полученных с помощью станции геолого-технологических исследований при бурении скважин АНК «Башнефть», была определена значимость каждого из них.

Для проверки согласованности ранжировки параметров вычислялась статистика Фридмана. Показано, что для проведения обработки записи промысловых данных по Кандринскому УБР наиболее значимым параметром бурения является осевая нагрузка на долото.

На результаты измерений, проводимых в процессе бурения, влияют многочисленные факторы, искажающие реальную картину работы оборудования в процессе измерений. В связи с этим регистрируемые показатели (скорость бурения, осевая нагрузка на долото, проходка на долото) следует рассматривать как случайные величины, а процессы – как случайные функции. Таким образом, первичная обработка опытных данных, полученных в процессе бурения, должна базироваться на вероятностных представлениях.

Объем данных, полученный во время бурения исследуемой скважины по рейсам, состоит из данных, взятых во время каждого долбления, которые можно рассматривать как независимые выборки, принадлежащие одной генеральной совокупности. При этом предполагается, что на основании базы данных информационной измерительной системы можно построить законы распределения анализируемых параметров.

В процессе обработки записи технологических параметров бурения возникает необходимость совместного рассмотрения нескольких выборок по ближайшим интервалам долбления. Это обусловлено потребностью более полного анализа процесса бурения при оценке технического состояния глубинного оборудования.

С помощью критерия Вилкоксона, Манна и Уитни показана однородность записи временных рядов осевой нагрузки на долото по двум ближайшим интервалам долбления на примере скважины № 1471 Шкаповского месторождения. Выдвинутая гипотеза о принадлежности

данных выборок единой генеральной совокупности принимается и, следовательно, возможна их дальнейшая совместная обработка методами теории детерминированного хаоса.

В третьей главе приведен анализ методов теории детерминированного хаоса и показана возможность качественной оценки работы глубинного оборудования с использованием реконструкции фазовых портретов.

Рассмотрена работа глубинного оборудования при разных способах бурения (электробур, винтовой двигатель, турбобур, роторное бурение) по записи осевой нагрузки на долото спектрально-корреляционным методом и методом реконструкции фазовых портретов.

По полученным формам аттракторов временного ряда колебаний осевой нагрузки на долото при разных способах бурения можно сделать заключение о наличии дефектов в исследуемых системах или спрогнозировать наступление их предельного состояния. Результаты предлагаемого способа анализа глубинного оборудования сопоставимы с результатами, полученными спектрально-корреляционным методом.

Наиболее четкая картина в фазовой плоскости развития износа глубинного оборудования обнаруживается при бурении с турбобуром (рисунки 2, 3). На рисунках 2, 3 показан реконструированный фазовый портрет временной последовательности замеров осевой нагрузки на долото в начальное время долбления при оптимальном режиме бурения и в конце долбления. Фазовый портрет показан в координатах $(z(t); z(t + \tau))$, где $z(t)$ - координата фазовых кривых во время t ; $z(t + \tau)$ - координата фазовых кривых во время $(t + \tau)$; τ - временная задержка. Дальнейшему исследованию подвергались интервалы записей осевой нагрузки на долото, где в качестве забойного двигателя был использован турбобур.

По рассмотренному отображению Пуанкаре и показателям Ляпунова было заключено, что при проведении оценки степени износа глубинного бурового оборудования необходимо определять не только качественные параметры получаемого аттрактора. Вычисление количественных параметров

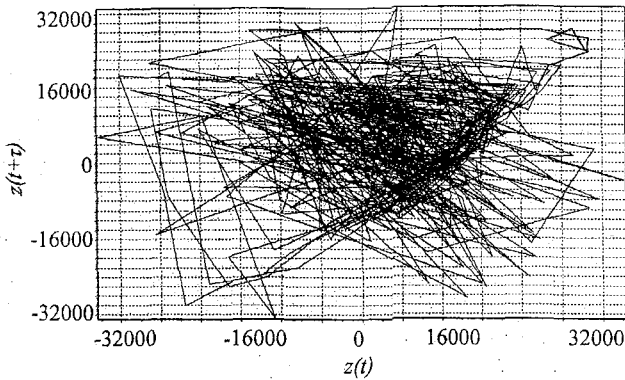


Рисунок 2 – Фазовый портрет записи осевой нагрузки на долото
в начальном времени долбления

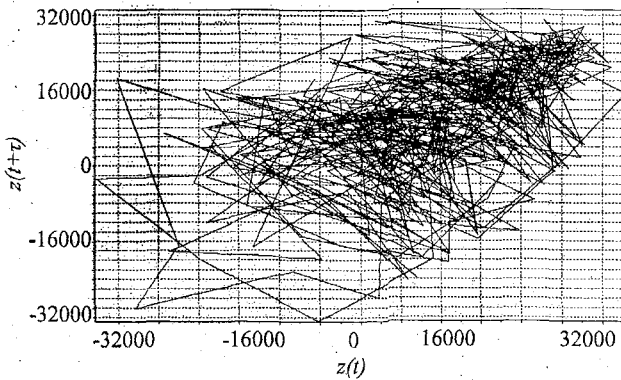


Рисунок 3 – Фазовый портрет записи осевой нагрузки на долото
в конце долбления

аттракторов в реконструированной фазовой плоскости, например, корреляционная, фрактальная размерности и размерность фазового пространства, является важным этапом в определении технического состояния глубинного оборудования, требует обработки большого объема данных и, следовательно, занимает огромное количество времени. Перечисленные размерности определяют количество информации, необходимое для задания координат точки в фазовой плоскости, принадлежащей аттрактору. При

вычислении размерности аттрактора первостепенное значение имеет нахождение размерности реконструированного фазового пространства. Для дальнейшего изучения работы глубинного оборудования были рассмотрены наиболее применимые и доступные для расчета показатели аттрактора: корреляционная и фрактальная размерности, размерность фазового пространства, оптимальная временная задержка, корреляционная энтропия.

Фрактальная размерность (емкость) выступает как число, характеризующее скорость роста числа ячеек покрытия данного аттрактора при уменьшении размера ячеек (метод прямого покрытия).

Корреляционная размерность учитывает статистические свойства потока, обусловленные динамикой системы, т.е. зависит от вероятности посещения тех или иных областей фазового пространства.

Числовое значение энтропии рассчитывается по уравнению Колмогорова и является количественной характеристикой степени хаотичности системы.

Метод запаздывания можно интерпретировать как проекцию изображения аттрактора из «естественного» фазового пространства системы с размерностью n в «новое» пространство размерности m . Для определения вложения аттрактора в m -мерное пространство используют теорему Мане, которая доказывает, что отображение фазового пространства динамической системы размерностью n в реконструированное фазовое пространство размерностью m будет задавать вложение реконструированного аттрактора.

Несмотря на то, что метод запаздывания, разработанный Ф. Такенсом, справедлив при любом τ , выбор временной задержки оказывает существенное влияние на значение размерности аттрактора, поскольку качество реконструкции будет различным при вариации его значений. Оптимальная временная задержка равняется времени первого пересечения нуля автокорреляционной функции и служит мерой корреляционной связи между значениями временного ряда.

В четвертой главе проведена оценка технического состояния глубинного оборудования путем расчета параметров аттрактора, реконструированного в фазовой плоскости.

При анализе параметров аттрактора было определено, что фрактальная размерность аттрактора записи осевой нагрузки на долото исследуемых скважин является наиболее информативным параметром для оценки технического состояния глубинного бурового оборудования. Она отражает пространственную неоднородность фазовых кривых и характеризует детерминированность процесса.

Исследование записей осевой нагрузки скважин с использованием фрактальной размерности аттрактора позволяет сделать вывод, что большие значения данного параметра (1,00-1,14) являются свидетельством незначительного износа глубинного оборудования, малые значения (0,74-0,82), наоборот, говорят об изношенности оборудования. Причем чем больше разница между значениями фрактальной размерности, тем интенсивнее происходит износ оборудования. Введение в компоновку низа бурового инструмента утяжеленных буровых труб, которые гасят колебания буровой колонны, повышает значение фрактальной размерности аттрактора (до 1,26), что позволяет судить о работе глубинного оборудования как о приближенной к оптимальному режиму бурения.

Значения фрактальной размерности, характеризующие определенное состояние глубинного оборудования, различны для каждого долбления скважины. Поэтому невозможно определить универсальный интервал значений фрактальной размерности аттрактора, характеризующий состояние глубинного оборудования. В связи с этим был предложен способ определения работоспособности породоразрушающего инструмента, который относится к контролю параметров в процессе бурения нефтяных и газовых скважин и может быть использован при диагностике текущего состояния глубинного оборудования.

Предлагаемое изобретение решает техническую задачу повышения

точности оценки технического состояния породоразрушающего инструмента в процессе эксплуатации за счет регистрации хаотических колебаний осевой нагрузки на долото.

Способ осуществляют следующим образом. По измерениям колебаний осевой нагрузки на долото, снятым в процессе бурения скважины через каждые 600 значений, строят фазовые кривые методом запаздывания. По полученным фазовым кривым вычисляют фрактальную размерность текущего состояния D_1 и начального времени бурения при оптимальном режиме D_2 . В качестве критерия работоспособности породоразрушающего инструмента принимают величину

$$\gamma = \frac{D_1}{D_2},$$

задают ее эталонное значение γ , при максимально изношенном оборудовании.

При дальнейшем бурении в конкретных условиях необходимо контролировать текущее значение критерия – γ , и при $\gamma \leq \gamma$, принять решение о подъеме бурового инструмента.

Предлагаемый способ находит применение при разработке автоматизированных систем бурения, а также в других областях, где ведется оценка технического состояния объектов путем измерения колебаний параметров достаточно длинных временных рядов.

Определено техническое состояние глубинного оборудования вышеизложенным способом при турбинном бурении скважины, где по записи 15-го долбления скважины № 1471 Шкаповского месторождения (первого бурения с турбобуром) найдено максимальное D_2 и минимальное значение D_1 в конце долбления фрактальной размерности (таблица 1), что соответствует лучшему и худшему состоянию оборудования. Было получено отношение данных фрактальных размерностей

$$\gamma_{15} = \frac{D_1}{D_2} = \frac{0,89}{1,02} = 0,87,$$

которое было принято за эталонное значение $\gamma_s = \gamma_{15} = 0,87$, при коде износа долота В1С0П1.

Таблица 1

Характеристики записи осевой нагрузки

Интервал долбления	Исследованная глубина, м	Компоновка	Фрактальная размерность	Износ долота
15-е долбление				
начало	1412–1436	Дол. 215,9 ТЗ ГН R15 + 2ТСШ-195 + СБТ-127	0,89	В1С0 П1
середина	1436–1467		1,02	
конец	1467–1491		0,99	
16-е долбление				
начало	1491–1520	Дол. 215,9 ТЗ ГН R15 + 2ТСШ-195 + СБТ-127	1,08	В3 С(40%)П3 Д1
середина	1520–1543		1,10	
середина	1543–1566		1,23	
середина	1566–1591		1,19	
конец	1591–1626		0,90	
23-е долбление				
начало	1890–1896	Дол. 215,9 ТЗ ГН R15 + 2ТСШ-195 + ШЮ + СБТ-127	0,90	В1 С(10%)П2 Д0
середина	1896–1905		1,07	
середина	1905–1913		1,01	
середина	1913–1918		1,12	
конец	1918–1933		2,48	

При дальнейшем анализе процесса бурения было рассчитано отношение γ в случае спада кривой фрактальной размерности $D_i < D_{i+1}$, где D_i – фрактальная размерность записи i -го интервала бурения, т.е. в общем случае после прохождения времени оптимального режима бурения. Для 16-го долбления (следующее бурение с турбобуром) $D_{сеп/2} = 1,23$ – фрактальная размерность 2-го интервала середины долбления, $D_{сеп/3} = 1,19$ – фрактальная размерность 3-го интервала середины долбления; тогда $\gamma_{16,1} = \frac{D_{сеп/2}}{D_{сеп/3}} = \frac{1,19}{1,23} = 0,97$ – отношение фрактальных размерностей 16-го долбления при первом спаде кривой (таблица 1).

В конце 16-го долбления также произошло уменьшение размерности: $D_{сеп/3} = 1,19$, $D_{кон} = 0,90$ – фрактальная размерность конца долбления, отношение фрактальных размерностей 16-го долбления при втором спаде

кривой равно $\gamma_{16,2} = \frac{D_{сер/3}}{D_{кон}} = \frac{0,90}{1,19} = 0,75$. Аналогично найдено отношение γ для

23-го долбления. Полученные значения показаны на графике (рисунок 4).

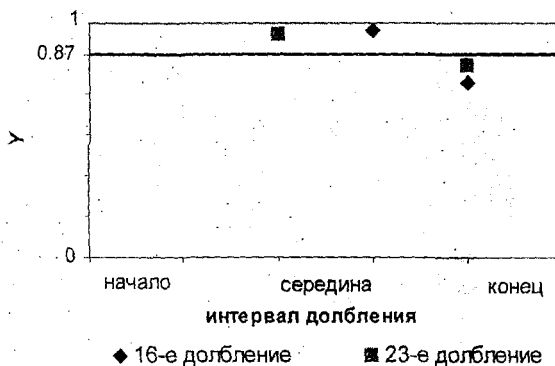


Рисунок 4 – Отношение фрактальных размерностей по интервалам бурения скважины

Отношение фрактальной размерности в середине долбления выше эталонного значения, что свидетельствует о нормальном состоянии глубинного оборудования. Значения γ в конце 16-го и 23-го долбления ниже эталонного, это означает, что износ долота больше, чем В1С0П1. Чем ниже отношение γ , тем более изношено долото и турбобур. Данные выводы подтвердились после подъема бурового инструмента (таблица 1).

При бурении скважин турбинным способом возникает ситуация, когда после первого долбления произошел интенсивный износ турбобура и долота (например, износ долота В0С(2%)П2К2Д1 на 3-м интервале долбления скважины № 1479 Шкаповского месторождения). Значение критерия работоспособности в данном случае низкое (0,71), и он корректируется при следующих долблениях.

Исходя из определения колебательных систем глубинного оборудования, а также классификации применяемых виброгасителей предложена конструкция виброгасителя, основанная на способе получения

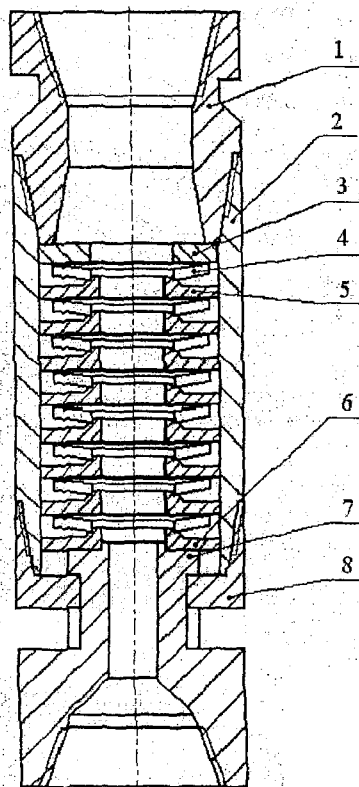
заданной жесткости упругого узла наддолотного виброгасителя, разработанная автором совместно с доцентом Ляговым А.В., доцентом Зотовым А.Н. и др.

Предлагаемое изобретение решает техническую задачу улучшения виброизоляции долота за счет гашения широкого спектра колебаний.

Упругий узел выполнен в виде пакета упругих элементов, которые чередуются с металлическими кольцевыми дисками. Получают заданную жесткость путем подбора геометрических параметров упругих элементов, причем размеры и количество их подбирают из условия расчета малой заданной жесткости рабочего участка упругого элемента. В качестве упругих элементов устанавливают тарельчатые пружины, выполненные с соотношением полной высоты внутреннего конуса f к толщине ее конуса s , равным $\frac{f}{s} \leq \sqrt{2}$, которые последовательно соединяют в пакеты, по количеству пакетов задают длину рабочего участка с малой заданной жесткостью.

Геометрические размеры тарельчатой пружины подбирают таким образом, чтобы выполнялось условие $\frac{f}{s} = \sqrt{2}$, задающее силовую характеристику тарельчатой пружины, с рабочим участком квазиулеевой жесткости. Однако нагрузка на долото изменяется в процессе бурения, поэтому подбирают геометрические размеры из условия $\frac{f}{s} < \sqrt{2}$, что задает силовую характеристику тарельчатой пружины, с рабочим участком малой жесткости для средней нагрузки. На рисунке 5 представлен вариант конструкции наддолотного виброгасителя.

На рисунке 6 показана характеристика виброгасителя с 8-ю тарельчатыми пружинами, имеющая рабочий участок малой жесткости длиной около 4 см. Вычисления выполнены в программном пакете «Математика 5». В этом случае при колебаниях нагрузки, действующих на долото, в том числе хаотических, оно будет практически полностью виброизолировано от колонны.



- 1 – верхний переходник; 2 – корпус; 3 – переходная втулка;
 4 – тарельчатые пружины; 5 – втулки; 6 – нижняя переходная втулка;
 7 – нижний переходник; 8 – переводник

Рисунок 5 – Вариант сборки виброизолятора

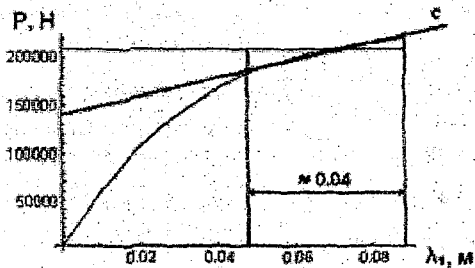


Рисунок 6 – Силовая характеристика виброгасителя

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1 Наиболее значимым параметром бурения для проведения обработки записи промысловых данных методами теории детерминированного хаоса является осевая нагрузка на долото.

2 На базе исследования параметров бурения доказана возможность использования метода реконструкции фазового портрета для получения полной информации о происходящих процессах. Фазовые портреты записей осевой нагрузки на долото при разных состояниях бурового оборудования имеют различную структуру, что позволяет качественно оценивать техническое состояние глубинного оборудования.

3 Установлено, что наиболее информативным количественным показателем, характеризующим изменение состояния глубинного оборудования, является фрактальная размерность аттрактора, определяющая неоднородность фазовых кривых.

4 На начальном этапе бурения значение фрактальной размерности аттрактора растет до максимального (1,00–1,26), что говорит о приработке бурового инструмента и выходе его на оптимальный режим бурения; в середине и в конце долбления величина данного параметра снижается (до 0,74), что свидетельствует об износе оборудования.

5 Разработан метод оценки технического состояния глубинного оборудования с применением фрактальных размерностей аттрактора на основе способа определения состояния породоразрушающего инструмента. В качестве критерия работоспособности принимают величину, равную отношению фрактальных размерностей аттрактора при текущем состоянии глубинного оборудования к значениям размерностей в начальный момент времени бурения при оптимальном режиме бурения (интервал значений критерия 0,71–0,97).

6 Определено, что способ получения заданной жесткости упругого узла наддолотного виброгасителя позволяет защищать забойный двигатель и колонну бурильных труб от хаотических колебаний, возникающих на долоте.

Содержание работы опубликовано в 7 научных трудах, из которых № 6, 7 включены в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых Российской Федерацией, в соответствии с требованиями ВАК Минобразования и науки РФ:

1 Надыршин Р.Ф., Имаева Э.Ш. Исследование изменений параметров бурения с использованием теории детерминированного хаоса // Проектирование и эксплуатация нефтегазового оборудования: проблемы и решения: материалы Всерос. науч.-техн. конф. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2004. – С. 133-136.

2 Надыршин Р.Ф., Галлямов И.И. Применение отображений Пуанкаре для определения областей работоспособности насосных агрегатов // Проблемы разработки и эксплуатации нефтяных месторождений: межвуз. сб. науч. тр. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2004. – С. 71-74.

3 Надыршин Р.Ф., Имаева Э.Ш. Диагностика глубинного бурового оборудования с использованием теории детерминированного хаоса // 56-я науч.-техн. конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: сб. тез. докл. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2005. – Кн. 1. – С.21.

4 Надыршин Р.Ф., Имаева Э.Ш., Ишемгужин Е.И. Применение теории детерминированного хаоса для оценки состояния глубинного бурового оборудования // Проблемы строительного комплекса России: материалы X Междунар. науч.-техн. конф. при X Междунар. специализированной выставке «Строительство. Коммунальное хозяйство – 2006». – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2006. – Т. 2. – С. 25-26.

5 Надыршин Р.Ф. Перспективность разработки виброгасящих устройств бурильной колонны // Актуальные проблемы нефтегазового дела: сб. науч. тр.: в 4 т. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2006. – Т. 3. – С.133-137.

6 Zotov A.N., Akhiyarov D.T., Nadirshin R.F. Impact protection system with quazinull rigidity // Нефтегазовое дело. – http://www.ogbus.ru/eng/authors/Zotov/Zotov_3.pdf – 16.05.2006. – 14 с.

7 Ишемгужин Е.И., Надыршин Р.Ф., Шаисламов Ш.Г. Обработка

параметров бурения для оценки технического состояния глубинного
оборудования // Нефтегазовое дело.

http://www.ogbus.ru/authors/Ishemguzhin/Ishemguzhin_1.pdf – 24.10.2006. – 9 с.

Подписано в печать 22.11.06. Бумага офсетная. Формат 60x80 1/16.

Гарнитура «Таймс». Печать трафаретная. Усл. печ. л. 1.

Тираж 90. Заказ 23.

Типография Уфимского государственного нефтяного технического университета.

Адрес типографии:

450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1.