

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ СТРОИТЕЛЬСТВА СКВАЖИН

Ю.Б. Линд, Г.Р. Сахаутдинова, Д.Т. Байкова

Введение

Проблематика строительства скважин во многих нефтяных компаниях, в частности, в ОАО АНК «Башнефть» в настоящее время определяется стратегическими направлениями развития: увеличение добычи углеводородов, расширение географии деятельности Компании и, соответственно, аутсорсинг бурового сервиса. Увеличение фонда строящихся скважин и усложнение их конструкции, оснащение буровых и лабораторий современным оборудованием, передача бурения на подряд сторонних организаций приводит к увеличению цены ошибки и, соответственно, к необходимости пересмотра существующей системы сопровождения и контроля строительства скважин.

Для решения возникающих проблем необходимо создать эффективную систему удаленного мониторинга процесса бурения, для чего требуется, во-первых, разработать инструментарий систематизации и анализа промысловой информации для использования в качестве ориентира сервисными организациями, и, во-вторых, создать корректные, научно обоснованные методики проведения расчетов в бурении и вывести на качественно новый уровень реализующее их программное обеспечение. Таким образом, актуальной задачей на сегодняшний день является создание интеллектуального центра управления бурением, который позволит контролировать все процессы при строительстве скважины, начиная с ее проектирования и заканчивая борьбой с осложнениями и освоением скважины.

Авторами производится разработка программной базы этого центра – единой информационно-аналитической системы (ИАС), позволяющей формализовать и привести в единую систему методики и знания, применяемые при ведении расчетов, сопровождающих процесс бурения. ИАС обеспечивает эффективную взаимосвязь информационных потоков, методов проведения расчетов и применяемых технических средств. Ядром разрабатываемой ИАС является база данных промыслового материала по буровым растворам и осложнениям на месторождениях Компании, позволяющая осуществлять удаленный доступ, систематизацию и анализ данных по пробуренным скважинам [1]. На основе промысловой информации, помимо первичного анализа, производится формализация знаний и выдача обоснованных, количественно выверенных рекомендаций на всех этапах проектирования и строительства скважин. Авторами разработаны и прошли промысловые испытания следующие модули ИАС: модуль оптимизации состава и оперативного управления технологическими параметрами буровых растворов [2], модуль прогнозирования осложнений в процессе бурения [3], модуль проектирования профилей горизонтальных и наклонно направленных скважин и расчета грузоподъемности буровой установки [4].

Характерной особенностью разрабатываемой ИАС является также то, что ее можно динамически расширять, дополняя новыми модулями, без потери функциональности системы. В рамках данной статьи описаны новые модули ИАС – модуль прогнозирования механической устойчивости стенок скважины и модуль распознавания кривых ГИС. Использование современных информационных технологий и многопроцессорных вычислительных систем позволяет значительно повысить точность расчета и реализовать сложные алгоритмы прогнозирования и анализа.

1. Прогнозирование механической устойчивости стенок скважины

Продуктивность вскрываемых нефтяных и газовых пластов в значительной степени зависит от качества применяемых буровых растворов. С годами функциональность буровых растворов увеличилась: в задачу промысловой жидкости входит не только вынос на поверхность выбуренного шлама, но она должна еще способствовать уменьшению возникновения осложнений, аварий, улучшению показателей бурения. Раствор не может в одинаковой мере выполнять все вышеперечисленные функции, поэтому для конкретных условий бурения определяется набор основных функций, т.е. свойства, которые обеспечивают их выполнение.

Одним из наиболее опасных осложнений в бурении являются обвалы насыпных пород (глина, аргиллит, мергель, алевролит). Для их предупреждения необходимо провести расчеты механической устойчивости стенок скважины, и, исходя из этого, для конкретной скважины рассчитать плотность бурового раствора при проходке всех обвалоопасных интервалов.

В естественных условиях горные породы находятся под напряжением сжатия, которое возрастает с глубиной. Т.о., по мере увеличения глубины залегания обвалоопасные горные породы (глины, аргиллиты, алевролиты, мергели) последовательно принимают три принципиально разных физических состояния:

- твердое тело, подчиняющееся закону Гука (интервалы от 0 до 5-540 м);
- пластическое тело с ненарушенной структурой (от 5-540 до 1400-1600 м);

- сыпучая масса с полностью разрушенными внутренними связями, сохраняющая своё агрегатное состояние благодаря силам механического сцепления (трения) между частицами (ниже 1400-1600 м).

Любая порода, находящаяся в области упругих деформаций, опасности для бурения не представляет. Опасность появляется тогда, когда у нее наступает предел текучести, когда обвалоопасная порода под действием бокового горного давления выпучивается в ствол скважины, сужая ее поперечное сечение. Когда же напряжение сжатия становится равным пределу прочности при сжатии, происходит полное разрушение внутренней структуры породы. Поэтому алгоритм расчета механической устойчивости стенок скважины основан на вычислении плотности бурового раствора, позволяющей компенсировать депрессии, возникающие за счет спуско-подъемных операций, на всех обвалоопасных интервалах.

Плотность бурового раствора, необходимая для компенсации гидродинамических давлений (депрессий), вычисляется на основе определения давления столба жидкости, требующегося для обеспечения механической устойчивости обвалоопасной породы и представляющего собой разность бокового горного давления и сопротивления пласта, оказываемого боковому горному давлению [5]. Поскольку для всех обвалоопасных объектов расчет можно вести независимо, применение многопроцессорных вычислительных систем позволяет добиться значительного ускорения вычислений. Программный модуль, реализующий расчет механической устойчивости стенок скважин, написан в программной среде Microsoft Visual Studio с использованием интерфейса MPI.

2. Распознавание кривых геофизических исследований скважины

Задача распознавания (оцифровки) кривых геофизических исследований скважины (ГИС) является актуальной в свете того, что информация по результатам ГИС для многих месторождений представлена в графическом виде. Между тем, учет возможно большего числа скважин месторождения, по которым предоставлены данные ГИС, позволяет более точно строить геологическую модель месторождения и производить подсчет запасов углеводородов.

Геофизические методы исследования скважин (ГИС) - комплекс физических методов, используемых для изучения горных пород в околоскважинном и межскважинном пространствах, а также для контроля технического состояния скважин. Основные задачи ГИС [6]:

- 1) Литологическое и стратиграфическое расчленение разреза, определение глубины залегания и толщины пластов;
- 2) Корреляция (сопоставление) разрезов скважин с целью изучения строения месторождения, структуры геологических объектов, характера их фациальной изменчивости, построение различного рода профилей и карт;
- 3) Выделение коллекторов нефти и газа, изучение особенностей их распространения по площади района, оценка характера их насыщенности, определение коллекторских свойств;
- 4) Использование данных ГИС при подсчете запасов нефти и газа и составлении проекта разработки месторождения, для чего проводят обобщающую интерпретацию данных ГИС по площади месторождения, включающую построение карт свойств коллекторов (эффективной толщины, неоднородности и др.), обобщение сведений о подсчетных параметрах – коэффициентах пористости, нефтенасыщенности, эффективной толщины;
- 5) Использование результатов интерпретации ГИС при контроле за разработкой месторождений нефти и газа.

Результаты ГИС для скважин большинства месторождений ОАО АНК "Башнефть" представлены в табличном виде, удобном для анализа. Однако для некоторых месторождений информация представлена в графическом виде, поэтому была поставлена задача разработать программу, реализующую корректную оцифровку (т.е. считывание и распознавание) каротажных диаграмм с целью их последующего анализа.

Каротажные диаграммы представлены в формате TIFF (рис. 1). Для их программного распознавания реализовано попиксельное считывание растрового изображения.

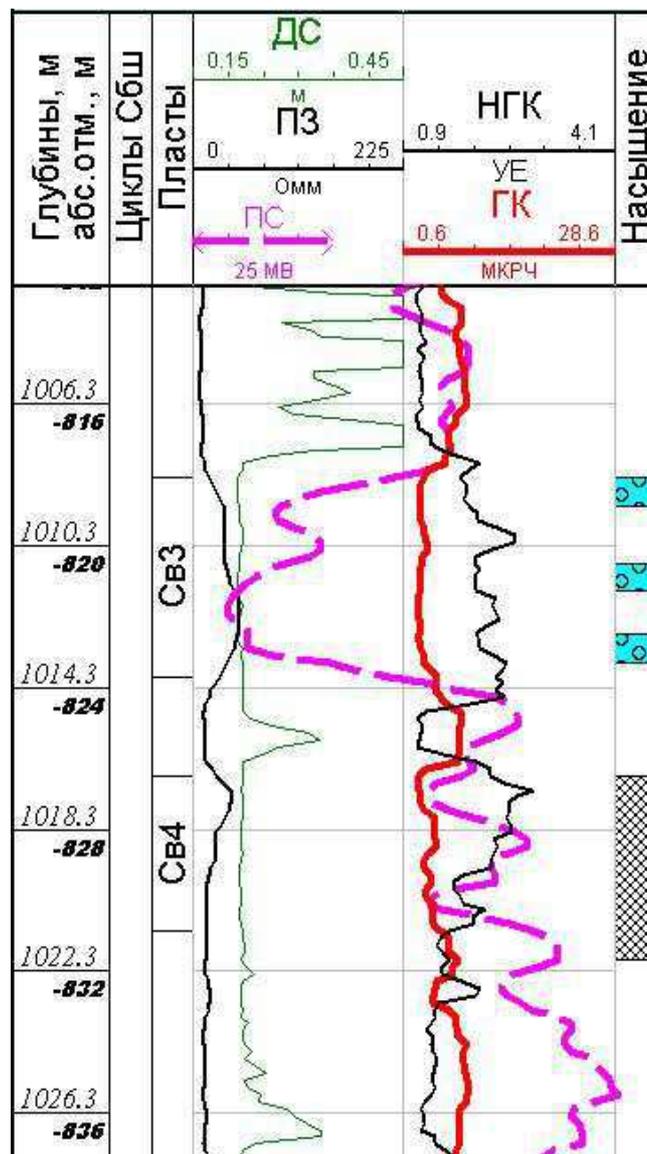


Рис. 1 Фрагмент каротажной диаграммы

Поскольку распознавание каротажных диаграмм занимает немалый вычислительный объем (порядка 300-400 скважин на каждом месторождении, более 10000 вертикальных замеров по скважине), принято решение использовать параллельные вычисления для решения поставленной задачи. Программный модуль, реализующий распознавание и идентификацию кривых ГИС, написан в программной среде Microsoft Visual Studio с использованием интерфейса MPI.

3. Распараллеливание вычислительного процесса

Распараллеливание вычислительного процесса при расчете механической устойчивости стенок скважины осуществляется путем распределения между процессорами обвалоопасных объектов. Обычно количество таких объектов варьируется в пределах 10-40, что определяет эффективность распараллеливания в указанном диапазоне.

При решении задачи распознавания каротажных диаграмм реализовано два уровня распараллеливания: 1) по скважинам месторождения; 2) по глубине проведения каротажа (ординате). При распараллеливании по глубине проведения каротажа весь интервал бурения от устья до забоя разбивается на отрезки по 10 см, и все эти отрезки распределяются по количеству используемых процессов, которые для предоставленного им "среза" определяют абсциссу каждой из каротажных кривых (при этом реализован алгоритм идентификации, обеспечивающий единственность значения кривой для каждой точки разреза). По окончании данной процедуры производится сбор данных и запись в базу данных, которая удобна для дальнейшей работы и анализа.

Тестирование разработанных модулей для скважин нескольких месторождений РБ на 16-ядерной рабочей станции HP Z600 Workstation ООО "БашНИПИнефть" показало эффективность использования параллельных вычислений (рис.2).

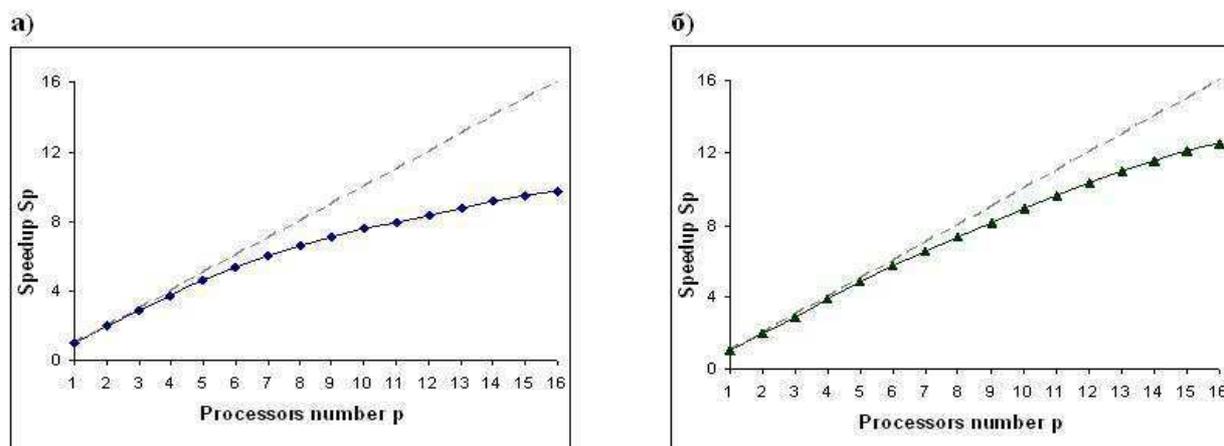


Рис. 2 Ускорение выполнения параллельной программы (а - модуль расчета механической устойчивости стенок скважины, б - модуль распознавания каротажных диаграмм)

Заключение

Разработаны и реализованы программные модули, расширяющие разработанную авторами ранее информационно-аналитическую систему сопровождения строительства скважин, позволяющую на основе использования технологии параллельных вычислений эффективно осуществлять расчеты на всех этапах строительства скважин.

Далее планируется дополнить модуль распознавания каротажных диаграмм функцией автоматического разбиения разреза на интервалы, поскольку вплоть до настоящего времени геологи вручную, оценивая форму каротажных кривых на нескольких опорных скважинах, выделяют из стратиграфического пласта пачки определенных пород (например, карбонатов), а затем маркируют аналогичные интервалы на всех скважинах месторождения. Автоматизация указанного процесса с использованием технологии параллельных вычислений позволит за счет увеличения скважин, вовлеченных в рассмотрение, значительно повысить точность и информативность маркировки пластов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кабирова А.Р., Нурисламова Л.Ф., Линд Ю.Б. Информационные технологии безаварийного бурения нефтяных и газовых скважин // «В мире научных открытий». – №1, 2011. – Серия «Математика. Механика. Информатика». – С. 107-109.
2. Линд Ю.Б., Клеттер В.Ю., Ахматдинов Ф.Н., Мулюков Р.А. Оптимизация состава буровых растворов и оперативное управление их свойствами // «Нефтяное хозяйство». – №5, 2009. – С. 90-93.
3. Кабирова А.Р., Линд Ю.Б., Губайдуллин И.М., Мулюков Р.А. Прогнозирование поглощений бурового раствора при строительстве нефтегазовых скважин на основе нейронных сетей // «Системы управления и информационные технологии». – № 1(43), 2011. – С. 77-81.
4. Линд Ю.Б., Мулюков Р.А., Зайруллина Э.И., Миникеева Л.Р. Программный комплекс по автоматизации проектирования бурения нефтегазовых скважин // «Нефтяное хозяйство». – № 4, 2012. – С. 35-38.
5. Семенов Н.Я., Гибадуллин Н.З. Обеспечение механической устойчивости стенок бурящейся скважины // Совершенствование технологий добычи, бурения и подготовки нефти. Сборник научных трудов. – Уфа: Изд-во БашНИПИнефть, вып. 103, 2000. – С. 181-190.
6. В.М. Добрынин Интерпретация результатов геофизических исследований нефтяных и газовых скважин. Справочник. – М.: Недра, 1988. – 476с.