

На правах рукописи

Краснов

Краснов Сергей Алексеевич

Управление и оптимизация режимов бурения в системе
удаленного мониторинга по значениям текущей рейсовой скорости
и амплитуде продольных колебаний
(на примере месторождений Тимано-Печорской провинции)

Специальность 25.00.15 – Технология бурения и освоения скважин

Автореферат
диссертации на соискании ученой степени
кандидата технических наук

Ухта–2008

Диссертация выполнена на кафедре бурения нефтяных и газовых скважин Ухтинского государственного технического университета

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Буслаев Виктор Федорович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Быков Игорь Юрьевич

кандидат технических наук
Юдин Валерий Михайлович

Ведущая организация: ООО «ПечорНИПИнефть»

Защита состоится 23 октября 2008г. в 10 часов на заседании Ученого совета Д.212.291.01 при Ухтинском государственном техническом университете по присуждению ученой степени кандидата технических наук (169300, Республика Коми, г. Ухта, ул. Первомайская, 13)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ухтинского государственного технического университета.

Автореферат размещен на сайте университета: www.ugtu.net

Автореферат разослан «22» сентября 2008 г.

Ученый секретарь

кандидат технических наук, доцент



Н. М. Уляшева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

Для повышения технико-экономических показателей строительства скважины необходимо в первую очередь сократить время, затраченное на бурение, так как это самый дорогостоящий процесс в общем цикле работ связанных с разведкой, добычей, транспортом и переработкой нефти и газа. Решить эту задачу можно путем выбора оптимального режима бурения. Оптимизацией режимов бурения занимались многие, как отечественные, так и зарубежные исследователи. При выборе оптимального режима бурения и оценке технико-экономических показателей было предложено несколько критериев: максимум механической скорости проходки – $V_{\text{мех}}$, максимум рейсовой скорости – $V_{\text{рейс}}$, максимум проходки за рейс – $h_{\text{рейс}}$, максимум коммерческой скорости – $V_{\text{ком}}$, и минимум стоимости метра проходки – $C_{\text{м.пр.}}$. Накопленный теоретический и практический опыт оптимизации привел к выводу, что наиболее универсальны и эффективны только два критерия из перечисленных, к которым относятся: $V_{\text{рейс}}$ и $C_{\text{м.пр.}}$. Наибольшее распространение в отечественной практике получил критерий оптимизации по $V_{\text{рейс}}$.

В связи с возросшими ресурсами работы долот, когда за одно долбление долото проходит несколько интервалов равной буримости, и проходка составляет более сотни метров, методика определения рейсовой скорости, при бурении в интервалах равной буримости, потеряла смысл. Доработка или модернизация под современные условия этой методики является актуальной задачей.

Еще один фактор, влияющий на технико-экономические показатели строительства скважины – это волновые процессы в бурильной колонне. В настоящее время при проектировании и выборе режимов бурения не учитываются продольные и поперечные колебания бурильной колонны, хотя эти процессы приводят к существенному снижению механической скорости бурения и усталостному разрушению инструмента. Возможность расчета зон резонансных колебаний бурильной колонны при проектировании скважины и возможность корректировать режим бурения непосредственно в процессе работы долота на забое, выводя бурильную колонну из зоны резонансных в зону безрезонансных колебаний, позволит уменьшить аварийность на скважине и увеличить технико-экономические показатели.

Для решения задач по непрерывному контролю за качеством строительства

скважины и оптимизации режимов бурения необходимо разрабатывать и внедрять системы удаленного мониторинга бурения (УМБ). Использование этих систем позволяет в режиме реального времени получать первичную, достоверную информацию о строительстве скважины, сократить сроки принятия решений возникающих вопросов в процессе бурения, крепления, освоения скважины.

Цель работы

Управление и оптимизация режимов бурения на основе оперативного анализа текущей рейсовой скорости и динамики бурильной колонны в системе удаленного мониторинга бурения на примере месторождений Тимано-Печорской провинции.

Основные задачи

- анализ исследований, технических средств, методик и опыта управления режимами бурения на основе оперативного анализа рейсовой скорости и динамики бурильной колонны;
- научное и методическое обеспечение управления режимом бурения шарошечным долотом путем оперативного анализа текущей рейсовой скорости;
- комплексное исследование рейсовой скорости в зависимости от износа долота, времени и механической скорости бурения, перемежаемости пород по буримости, сложности разреза и управляющих параметров;
- контроль и управление режимом бурения на основе анализа продольных колебаний бурильной колонны;
- обобщение, применение результатов исследований в практике буровых работ, в том числе в системе удаленного мониторинга бурения.

Научная новизна

- При увеличении долговечности долот и проходки за рейскратно превышающей толщину интервала равной буримости, доказана необходимость оперативного управления и оптимизации режимов бурения на основе текущих значений рейсовой скорости и безрезонансного режима работы бурильной колонны.
- Установлены теоретические и эмпирические зависимости времени подъема одной свечи от глубины с учетом конструкции компоновок бурильной колонны,

геологического строения и осложненности разреза скважины, которые обеспечивают достоверное определение текущей рейсовой скорости.

- Обоснованы эмпирические зависимости текущей рейсовой скорости от времени бурения, механической скорости и коэффициента износа долота позволяющие выделить характерные области: роста и стабилизации; малоинтенсивного увеличения или уменьшения; обеспечивающие оперативное управление и оптимизацию параметров режима бурения.

- Прогнозирование и контроль продольных колебаний бурильной колонны с использованием датчиков нагрузки на крюке и момента на роторе, управление осевой нагрузкой и частотой вращения в интервале безрезонансного режима работы бурильной колонны.

- На основе анализа фракционного состава выбуренной породы установлено, что в условиях резонанса размер шлама составляет 1 - 3 мм, и доля этих частиц 70 – 100%. При безрезонансном режиме фракционный состав стабилизировался, появились частицы всего спектра размером от 1 - 7 мм, что говорит о повышении эффективности разрушения горной породы.

Основные защищаемые положения

- Методика оперативного контроля, управления и оптимизации режимов бурения в реальном времени на основе использования станций геолого-технологических исследований и компьютерных программ, анализа текущих значений времени подъема одной свечи, проходки за оборот, механической и рейсовой скорости в комплексе с системой удаленного мониторинга.

- Методика выбора рационального режима бурения, обоснованная стабильной подачей долота, осевой нагрузкой и частотой вращения ротора с использованием датчиков нагрузки на долото и момента на роторе с выводом процесса бурения в безрезонансный режим с минимальными значениями продольных колебаний;

Практическая значимость работы

Создание научного, технического, компьютерного, методического и образовательного обеспечения оперативного контроля, управления и оптимизации подачи нагрузки и частоты вращения долота, исходя из критериев мгновенной рейсовой

скорости и минимума амплитуды продольных колебаний реализованных в системе удаленного мониторинга: «буровая – спутник – сервер – заказчик», в том числе в учебном процессе с предоставлением online информации в учебный класс.

Апробация работы

Основные результаты исследований по теме диссертационной работы докладывались на следующих конференциях и семинарах:

- Всероссийская научно-техническая конференция «Передовые технологии строительства скважин», ноябрь 2004 г., г. Пермь.
- VIII международная молодежная научная конференция «Севергеоэко-тех-2007», 21 – 23 марта 2007 г., УГТУ, г. Ухта.
- Научно-техническая конференция молодых специалистов ООО «РН-Северная Нефть», 25–27 марта 2007 г., г. Усинск.
- Седьмая Всероссийская конференция молодых ученых, специалистов и студентов по проблемам газовой промышленности России, 25 – 28 сентября 2007 г.; РГУНГ им. И. М. Губкина, Москва.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 4 работы, в том числе 3 работы в журнале, включенном в «Перечень...» ВАК Минобрнауки РФ.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, содержит список литературы из наименований. Работа изложена на страницах текста, содержит ... таблиц, ... рисунков.

Благодарности

Автор выражает особую признательность и благодарность своему первому научному руководителю профессору кафедры бурения УГТУ, доктору технических наук Осипову П.Ф.

Диссертационная работа выполнена под руководством заведующего кафедрой бурения УГТУ, доктора технических наук В.Ф. Буслаева, которому автор выражает

глубокую признательность за консультации, поддержку при выполнении исследований, текущее обсуждение основных положений диссертации и практическую помощь в выполнении работы.

Автор благодарит Ю.Л. Логачева, Н.М. Уляшеву, С.В. Каменских, А.С. Фомина и весь коллектив кафедры бурения, Ю.Л. Краснову за поддержку при выполнении исследований, консультации и практическую помощь в выполнении работы,

Неоценимую помощь в проведении экспериментальных работ и получении фактического материала оказали сотрудники ООО «Геотех-2» П.М.Божик, С.М. Езерский, В.П. Ярошинский.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ВО ВВЕДЕНИИ показана актуальность темы диссертации, определены основные задачи, сформулирована научная новизна и практическая ценность работы.

В ПЕРВОЙ ГЛАВЕ представлен обзор работ отечественных и зарубежных исследователей в области оптимизаций режимов бурения.

Значительный вклад в исследования по оптимизации режимов бурения внесли следующие исследователи: Ю. Ф. Алексеев, Л. А. Алексеев, В. Г. Беликов, Г. Д. Бреддо, В. Ф. Буслаев, Р. А. Иоаннесян, Ю. Р. Иоаннесян, В. Н. Задирей, Н. А. Колесников, М. Р. Мавлютов, А. В. Орлов, П. Ф. Осипов, А. А. Погарский, А. Н. Попов, Ю. Ф. Потапов., В. В. Симонов, Г. Ф. Скрябин, А. И. Спивак, В. С. Федоров, Л. А. Шрейнер, Р. М. Эйгелес, Е. К. Юнин, Д. Аллен, М. Бингхэм, Х. Вудс, Е. Галле, Д. Роулей, Р. Финстра, Д. Эккель, Д. Эдвардс и другие.

Показаны основные преимущества и недостатки известных методик и моделей проектирования оптимальных режимов бурения. Доказана необходимость оперативного управления и оптимизации режимов бурения на основе текущих значений рейсовой скорости и безрезонансного режима работы бурильной колонны.

ВО ВТОРОЙ ГЛАВЕ рассмотрены методики определения рейсовой скорости, проанализированы промысловые материалы и получены фактические зависимости времени подъема одной свечи от глубины с учетом состава компоновок бурильной колонны, геологического строения и сложности разреза, конструкции скважины

и характеристик буровой установки. В работе используются данные механического каротажа станций геолого-технологических исследований (СГТИ), которыми фиксировались изменение положения крюка относительно стола ротора по времени. При помощи этой диаграммы записывалось время подъема каждой свечи. На рис 1 - 3 приведены графики зависимости времени подъема одной свечи от глубины.

В сложных прихватоопасных зонах (рис. 1, рейс 7, рис. 2, рейс 9) уходит в десятки раз больше времени на подъем, чем в обсаженном стволе. Видно, что графики по двум разным буровым установкам одной площади схожи. Прихватоопасные интервалы отмечаются увеличением времени подъема в десятки раз, так же прослеживается стабильное время подъема в обсадной колонне. В целом по скважине, если суммировать время подъема по свечам, получается полное время подъема всего инструмента. Такой анализ проводился по скважинам 608 и 613 Северо-Баганской площади, а так же по скважине 101 Южно-Шапкинское месторождения, где использовалась американская экспериментальная буровая Тейлор – Т-1100.

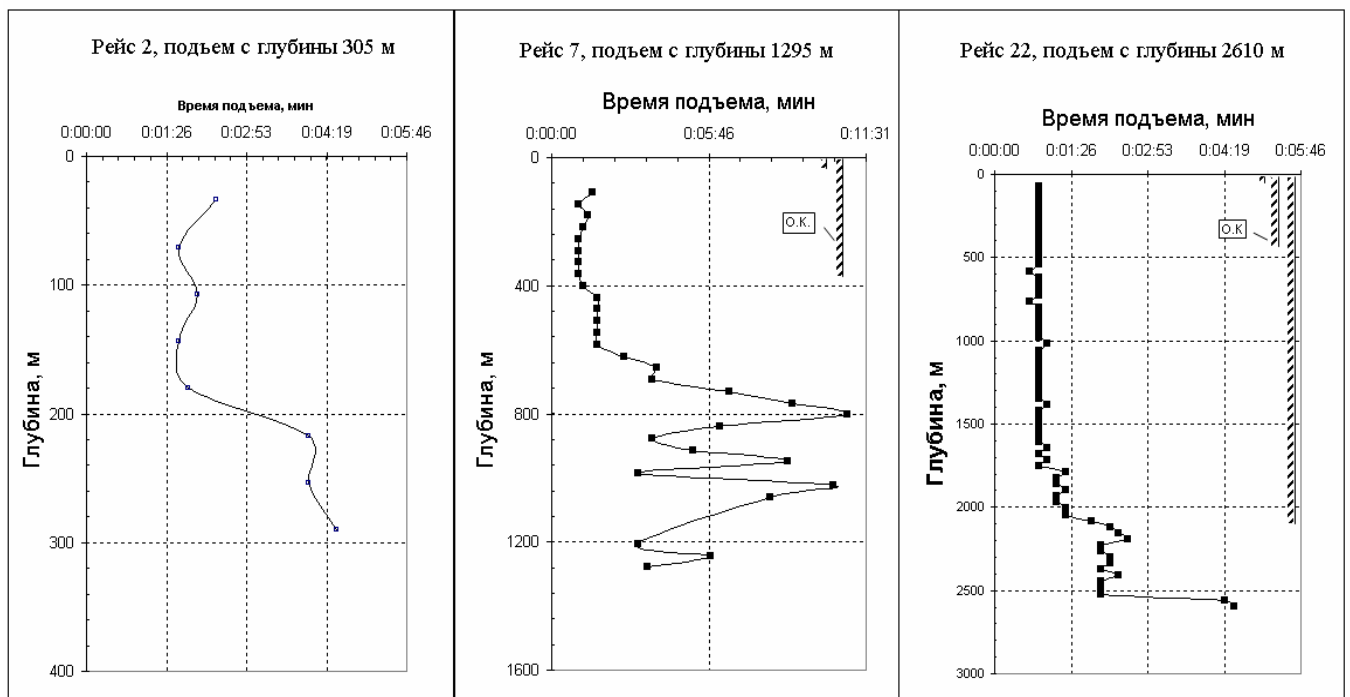


Рис. 1. График зависимости времени подъёма свечи буровой установкой Уралмаш – 3Д – 76 от глубины по данным СГТИ, скважина 608 Северо-Баганского месторождения

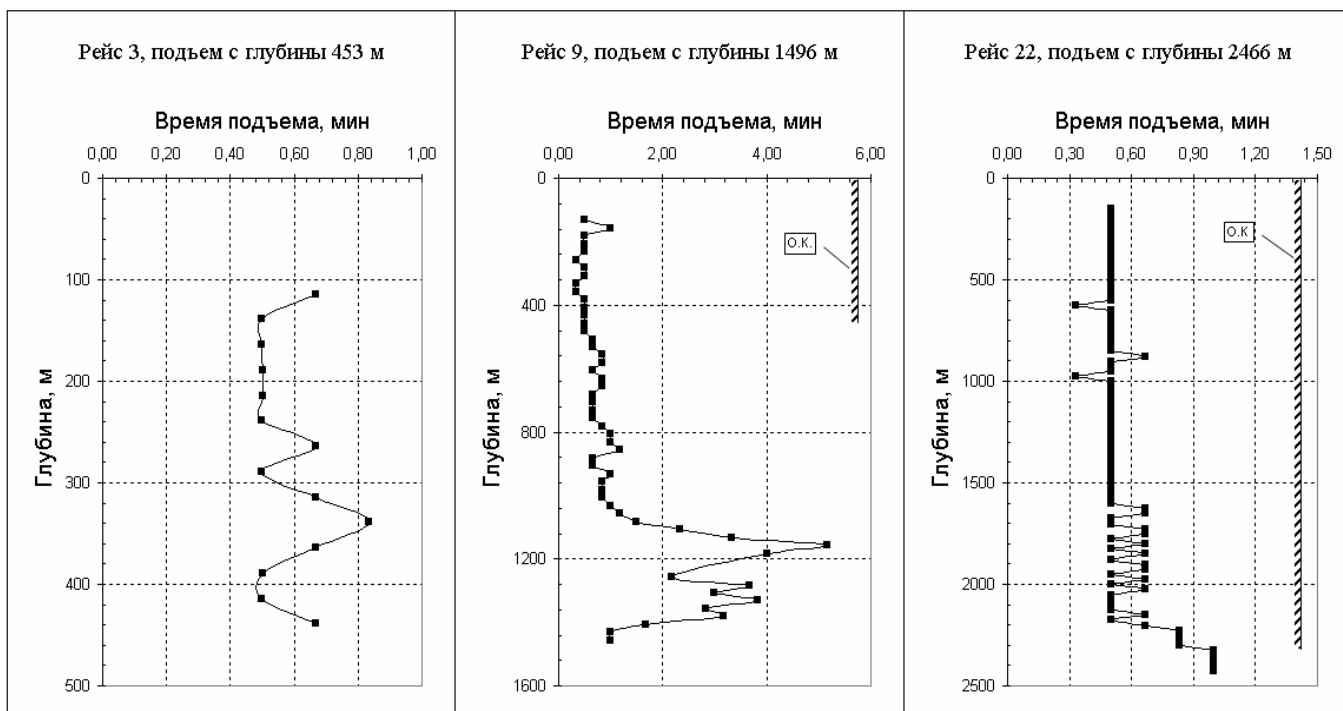


Рис. 2. График зависимости времени подъема свечи буровой установкой ВЗБТ-2900/200 от глубины по данным СГТИ, скважина 613 Северо-Баганского месторождения

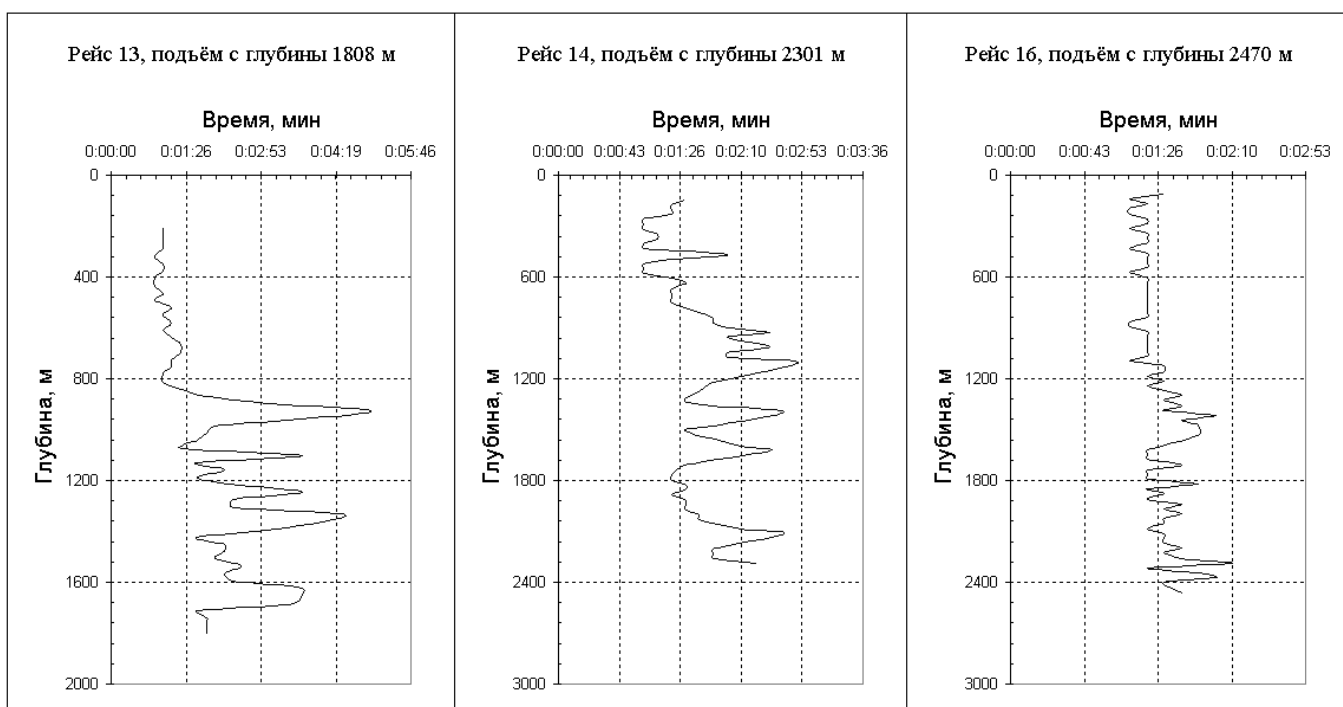


Рис. 3. График зависимости времени подъема свечи станком Тейлора Т-1100 от глубины по данным СГТИ, скважина 101 Южно-Шапкинского месторождения

Спуск обсадной колонны снижает время подъема инструмента. Это видно на рис. 4, наиболее заметно по скважине 608 Северо – Баганского месторождения. Если подъем с глубины 2107,5 м еще не обсаженной части занимает почти 2 часа, то после спуска обсадной колонны, подъем с глубины 2180,1 м занимает всего 56 мин.

В скважине 101 Южно-Шапкинского месторождения прихватопасные зоны находятся в интервале 500 - 800 м, причем, большого влияния на время подъема они не оказали. Бурение этой скважины при помощи американской экспериментальной буровой установки Тейлор-Т-1100 отмечено меньшим количеством рейсов и использованием современных долот МХ-С3; 215,9МХ-СО9; 215,9МХ-40СГ. Поэтому все неустойчивые породы были успешно пройдены и перекрыты обсадной колонной. За счет этого получили более точные данные по времени подъема инструмента в зависимости от глубины. По графикам на рис. 4 видно, что с глубиной время на подъем инструмента увеличивается, причем спуск обсадной колонны сначала уменьшает время подъема, а потом, в процессе бурения время снова растет.

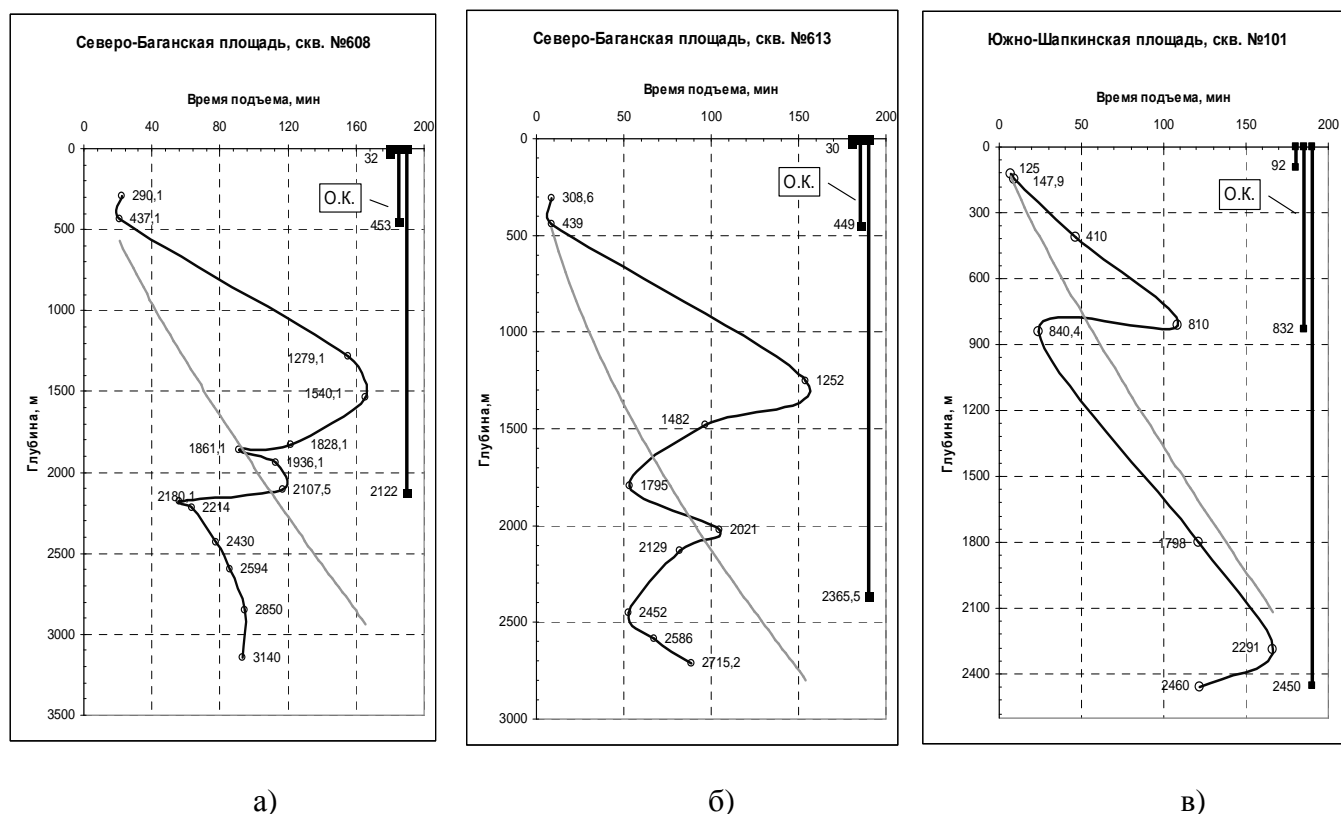


Рис.4. Изменение суммарного времени подъема инструмента от глубины скважины

Имея возможность с помощью ЭВМ обрабатывать значительный объем информации, на кафедре бурения скважин УГТУ была предложена новая методика оп-

ределения текущей рейсовой скорости ($V_{\text{рейс}}$). Время $t_{\text{сно}}$ состоит из нормированного времени $t_{\text{сн}}$ на спуск инструмента на начальную глубину бурения $L_{\text{н}}$ данным долотом (включая время $t_{\text{снк}}$ на спуск КНБК и время $t_{\text{сб}}$ на спуск бурильных труб) и времени на подъем бурильных труб $t_{\text{хб}}$, зависящего от текущей глубины $L_{\text{х}}$, а также времени на подъем КНБК. Неизвестное $t_{\text{хб}}$ предлагается определять по формулам:

$$t_{\text{хб}} = t_{\text{нб}} + K(L_{\text{х}} - L_{\text{н}})^{\alpha}, \quad (1)$$

$$K = \frac{t_{\text{нб}}}{L_{\text{н}} - l_{\text{кн}}},$$

$$\alpha = \frac{\ln(t_{\text{кб}} - t_{\text{нб}}) - \ln K}{\ln(L_{\text{к}} - L_{\text{н}})},$$

$$t_{\text{х}} = t_{\text{нк}} + t_{\text{нб}} + K(L_{\text{х}} - L_{\text{н}})^{\alpha}, \quad (2)$$

где $t_{\text{нб}}$ – нормированное время подъема бурильных труб с начальной глубины

$L_{\text{н}}$,

$t_{\text{кн}}$ – время на подъем КНБК,

$L_{\text{к}}$ – конечная глубина бурения,

$l_{\text{кн}}$ – длина КНБК,

$t_{\text{к}}$ – нормированное время на подъем бурильных труб с некоторой произвольно заданной (но известной) конечной глубины, при условии, что всегда

$$L_{\text{н}} \leq L_{\text{х}} \leq L_{\text{к}}.$$

Показатель степени α всегда больше 1, поскольку увеличение времени на подъем инструмента опережает увеличение глубины скважины.

Для расчета текущей рейсовой скорости предлагается формула:

$$V_{\text{рейс}} = \frac{h_{\text{х}}}{t_{\text{б}} + t_{\text{сн}}(L_{\text{н}}) + t_{\text{х}}(L_{\text{х}}) + t_{\text{кн}} + t_{\text{всн}}}, \quad (3)$$

где h_x – текущая проходка,

$t_x(L_x)$ – приведенная выше функция времени на подъем бурильных труб с текущей глубины L_x ,

$t_{всп}$ – время на выполнение вспомогательных операций, обязательных для каждого рейса.

В знаменателе формулы (3), таким образом, две переменные: независимая t_{δ} и функция $t_x(L_x)$.

В современных условиях на зависимость $V_{рейс}(t_{\delta})$ оказывают влияние:

- изменение буримости пород в разрезе скважины;
- увеличение времени на подъем инструмента по мере углубления скважины в процессе отработки долота;
- изменение параметров режима и условий бурения (нагрузки на долото, скорости вращения, плотности бурового раствора, интенсивности промывки и т.д.);
- износ вооружения долота.

На рис. 5 приведен пример графика текущей рейсовой скорости полученный по расчетам с применением формулы (3).

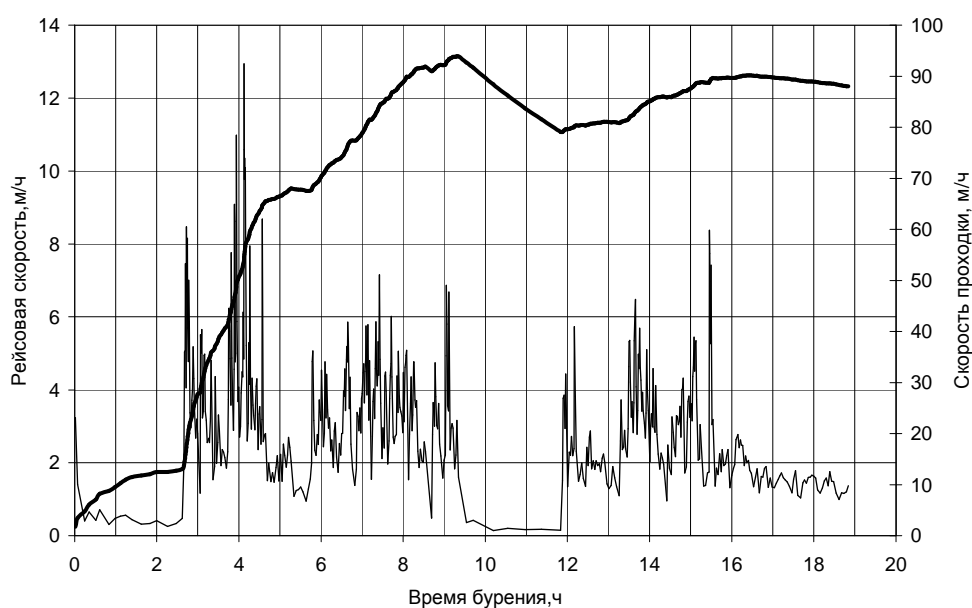


Рис. 5. Рейсовая скорость Южно-Шапкинского месторождения скважина 101 в интервале 157,5 – 420 м.

Условные обозначения: **—** – рейсовая скорость; **—** – скорость проходки.

Проанализировав этот и другие полученные графики рейсовой скорости, отмечаем характерные участки на графиках. В начале долбления идет резкий рост $V_{\text{рейс}}$, затем, достигнув своего $\max V_{\text{рейс}}$ идет участок стабилизации с плавным уменьшением значения $V_{\text{рейс}}$. После участка стабилизации начинается участок спада $V_{\text{рейс}}$.

На рис .5 четко виден участок резкого роста $V_{\text{рейс}}$ (с 2,5 до 8 часов работы долота), $\max V_{\text{рейс}}$ наступает после 9 и 16 часов работы долота. На этом графике образовались два $\max V_{\text{рейс}}$. Их образование вызвано изменением скорости бурения пород, а не износом вооружения долота, и производить подъем инструмента после наступления первого $\max V_{\text{рейс}}$ было бы поспешным и ошибочным решением. Хотя по старой методике, подъем инструмента необходимо производить после 9 часов работы долота, когда достигнут $\max V_{\text{рейс}}$.

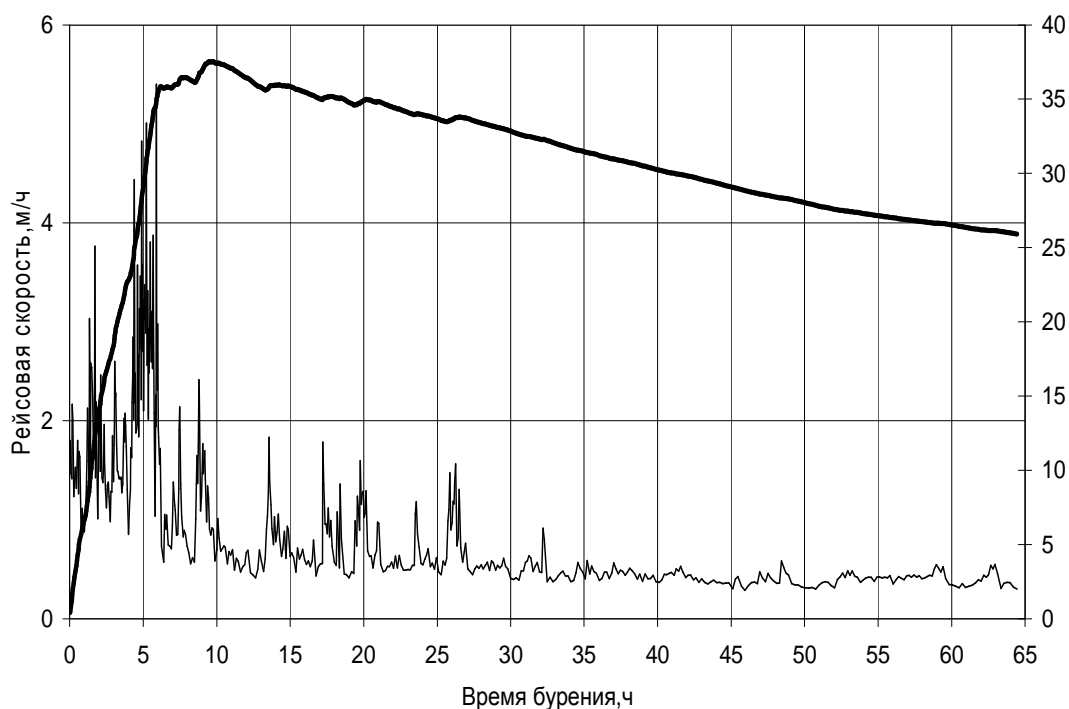


Рис. 6. Рейсовая скорость Западно-Сынатского месторождения скважина 520 в интервале 2311-2596м.

Условные обозначения: ——— – рейсовая скорость; ——— – скорость проходки

На рис. 6 график рейсовой скорости при бурении ВЗД. В начале бурения рост рейсовой скорости вызван высокой буримостью пород. На графике хорошо видны зоны быстрого роста $V_{\text{рейс}}$ от 0 до 6 часов работы долота, после 6 часов работы $V_{\text{рейс}}$

продолжает расти, но медленнее. Около 10 часов работы долота рейсовая скорость достигает общего максимума. После 30 часов работы долота, рейсовая скорость начала падать в связи с изменением буримости пород.

При продолжительном долблении и хорошей скорости бурения в определении рейсовой скорости основную роль играют проходка на долото и время бурения. Из анализа формулы $V_{\text{рейс}}$ видим, что участок стабилизации рейсовой скорости образуется из-за уменьшения влияния в числителе времени на СПО и на вспомогательные работы.

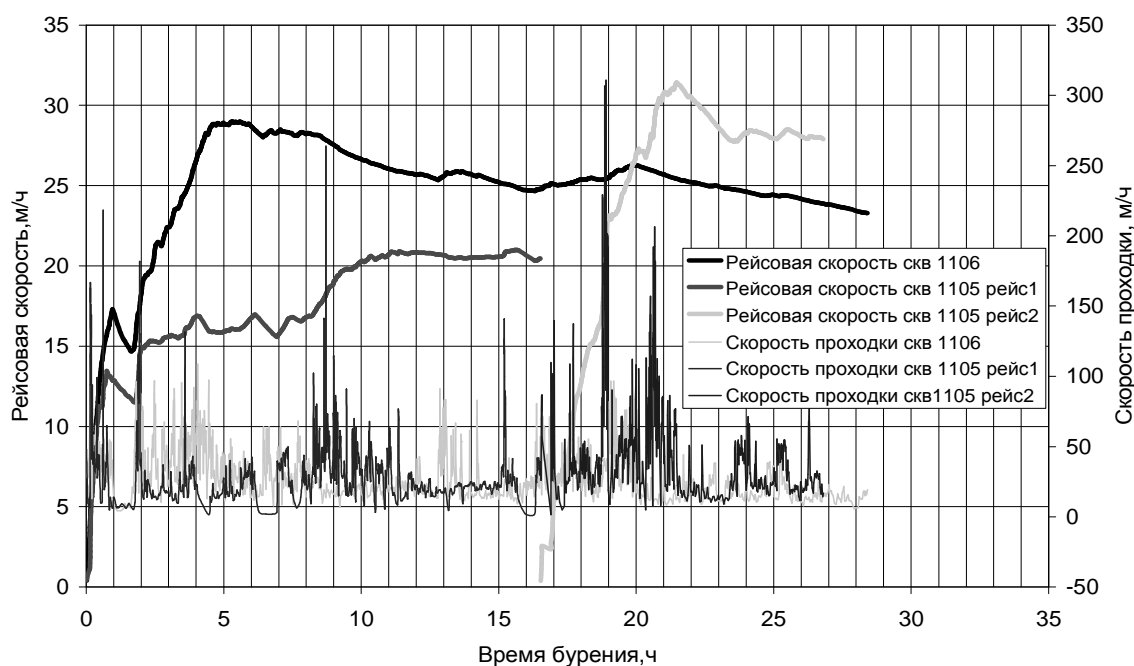


Рис. 7. Совмещённый график рейсовых скоростей по скважинам 1105 и 1106 Южно-Шапкинского месторождения в интервале 116-821м

При бурении интервала 116-821м на скважине 1105 Южно-Шапкинского месторождения было произведено два рейса. На скважине 1106 этого же месторождения этот интервал пробурили за один рейс. Сопоставив графики этих рейсовых скоростей (рис. 7), увидим, что характеры кривых в первые часы работы долота идентичны. После двух часов работы долота рост рейсовой скорости по скважине 1105 замедлился. По скважине 1106 интенсивный рост рейсовой скорости продолжался. После 4,5 часов работы рейсовая скорость достигла максимума. Высокая рейсовая скорость держалась ещё 4 часа работы долота. Далее пошел спад рейсовой скорости. По скважине №1105 после 8 часов работы долота увеличилась интенсивность роста

рейсовой скорости. Рост рейсовой скорости длился в течение 3 часов. После 11 часов работы долота, рейсовая скорость стабилизировалась и держалась примерно постоянной. Для бурения оставшегося интервала в компоновку включили винтовой забойный двигатель (ВЗД) Ø 240 - 6,95м. На графике виден значительный прирост рейсовой скорости за счет работы ВЗД.

ТРЕТЬЯ ГЛАВА посвящается разработке методики по оперативному контролю, анализу и управлению резонансными колебаниями бурильной колонны при роторном способе бурения. В общем случае колебания могут быть продольными, поперечными и крутильными. Источником вынужденных колебаний обычно являются внешние возмущающие силы, действующие на колонну. Продольные колебания возникают при спуско-подъемных операциях, при работе шарошечными долотами, в процессе прокачивания бурового раствора и вращения колонны. Некоторые авторы (В. В. Симонов, Е. К. Юнин) приходят к выводу, что продольные колебания могут возникать как следствие крутильных колебаний. Изменение частоты вращения долота приведет к изменению динамических нагрузок в осевом направлении, которые будут изменяться во времени с частотой, равной наименьшей частоте свободных крутильных колебаний системы. Отмечается периодическое увеличение осевых ускорений, что связано с неравномерностью вращения.

Для проектирования режимов бурения и управления режимами бурения в процессе бурения с учетом продольных резонансных колебаний бурильной колонны использовали новейшую методику разработанную Е. К. Юниным.

Метод позволяет при известных компоновке бурильной колонны и величине сопротивления вращению долота со стороны забоя определять сочетание осевой нагрузки на долото и скорости вращения ротора, при которых вероятность возникновения интенсивных продольных и крутильных колебаний резко уменьшается, что способствует повышению механической скорости и проходки, повышению долговечности долот и сокращению количества поломок бурильной колонны из-за сильных циклических нагрузок. По методике предложенной Е.К. Юниным на кафедре бурения скважин Ухтинского государственного технического университета была разработана программа для расчета зон продольных колебаний бурильной колонны. Зная компоновку инструмента и параметры режима бурения с помощью этой программы можно

определить в зависимости от глубины скважины и скорости вращения ротора зоны продольных колебаний бурильной колонны. Были рассчитаны зоны резонансных колебаний при бурении скважины № 520 Западно–Сынатыского месторождения. Указав компоновку инструмента, геометрию скважины, параметру режимов бурения программа рассчитала зоны резонансных колебаний для различных скоростей вращения ротором. Бурение велось станком Уралмаш 4-Э, с электрическим приводом. Частота вращения колонны 87 мин^{-1} . Результат представлен на рис. 8. Сравнивая полученные результаты расчетным путём с фактическим материалом полученным непосредственно в процессе бурения скважины можно сделать вывод, что используя методику можно с высокой степенью точности рассчитать зоны колебаний бурильной колонны.

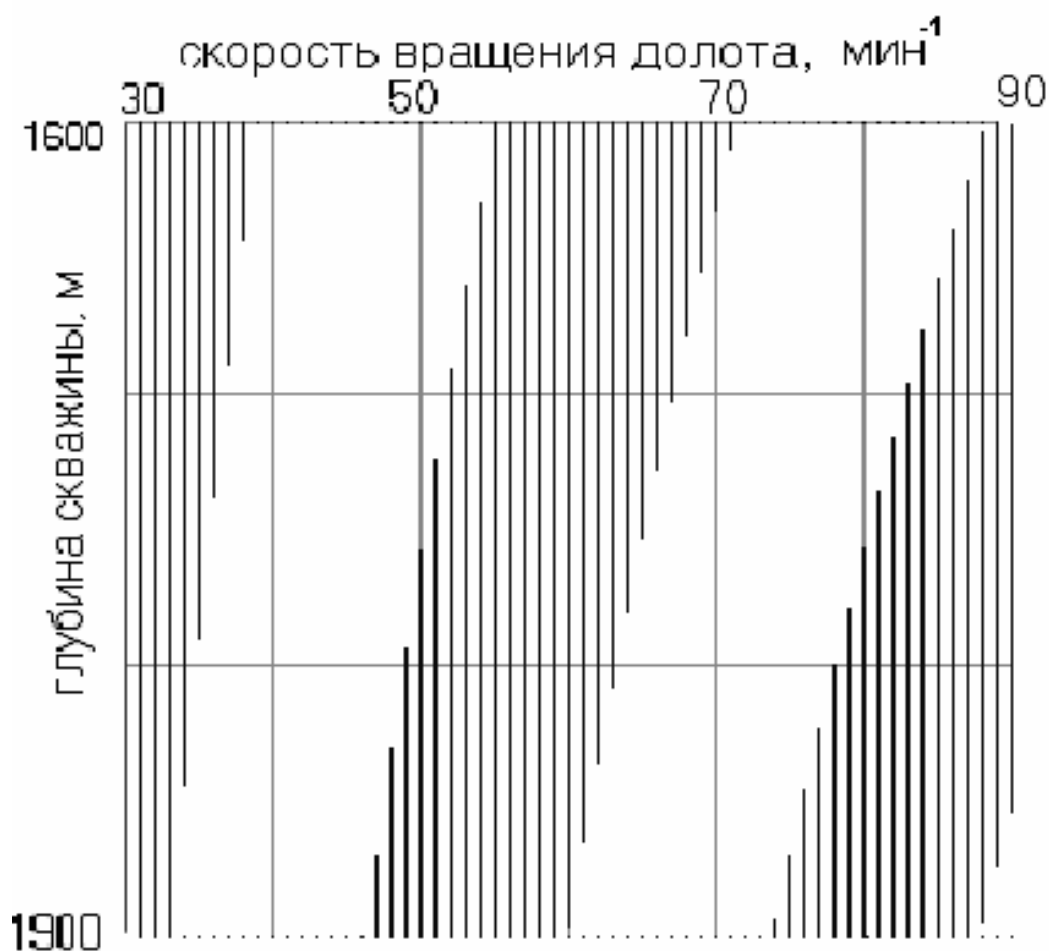


Рис.8. Зоны резонансных колебаний бурильной колонны (заштрихованные)
скважина 520 Западно-Сынатыское месторождение

Таблица 1. Результаты инструментальных измерений колебаний осевой нагрузки на долото при возникновении интенсивных продольных колебаний бурильной колонны

Интервал бурения, м		Диапазон колебаний нагрузки на долото, кН		Заданная номинальная нагрузка на долото, кН		Описание компоновки инструмента
от	до	min	max	от	до	
1626	1637	90	260	180	200	Долото диаметром 311 мм; КЛС 308,5 - 1,71м; УБТ 203*71,2 - 4,35м; КЛС 307 - 1,46м; УБТ 203*71,2 - 9,05м; КЛС 295 -1,1м; УБТ 203*71,2 -99,9м; переводник - 0,3 м; ТБПК 127*9,19 – остальное
1637	1639	5	350			
1645	1649	30	250			
1654	1655	40	280			
1661	1662	80	270			
1664	1667	0	360			
1685	1687	20	290			
1705	1706	50	250			
1850	1851	70	330			
1857	1858	40	360			
1870	1871	20	300			
1879	1880	30	280			

При бурении скважины № 100 Восточно-Мастерьёлского месторождения в процессе бурения скважины в интервале 1918-1956 м были зафиксированы продольные колебания бурильной колонны. Бурение велось станком Уралмаш 3-Д с дизельным приводом. При попытке перейти на частоту вращения ротора 113 - 115мин⁻¹ и глубине скважины 1918м начались интенсивные колебания бурильной колонны. Амплитуда колебаний нагрузки на долото увеличилась и стала колебаться от 0 до 270 кН. Бурение при резонансных колебаниях бурильной колонны продолжалось примерно 40 мин. Попытка сбавить обороты ротора до 107-110 мин⁻¹ не принесла ожидаемого результата. Колебания бурильной колонны продолжались. На рис. 9 приведены графики нагрузки на долото, частоты вращения ротора, механической скоро-

сти проходки, записанные станцией ГТИ, показывающие процесс углубления скважины в интервале 1918-1935 м.

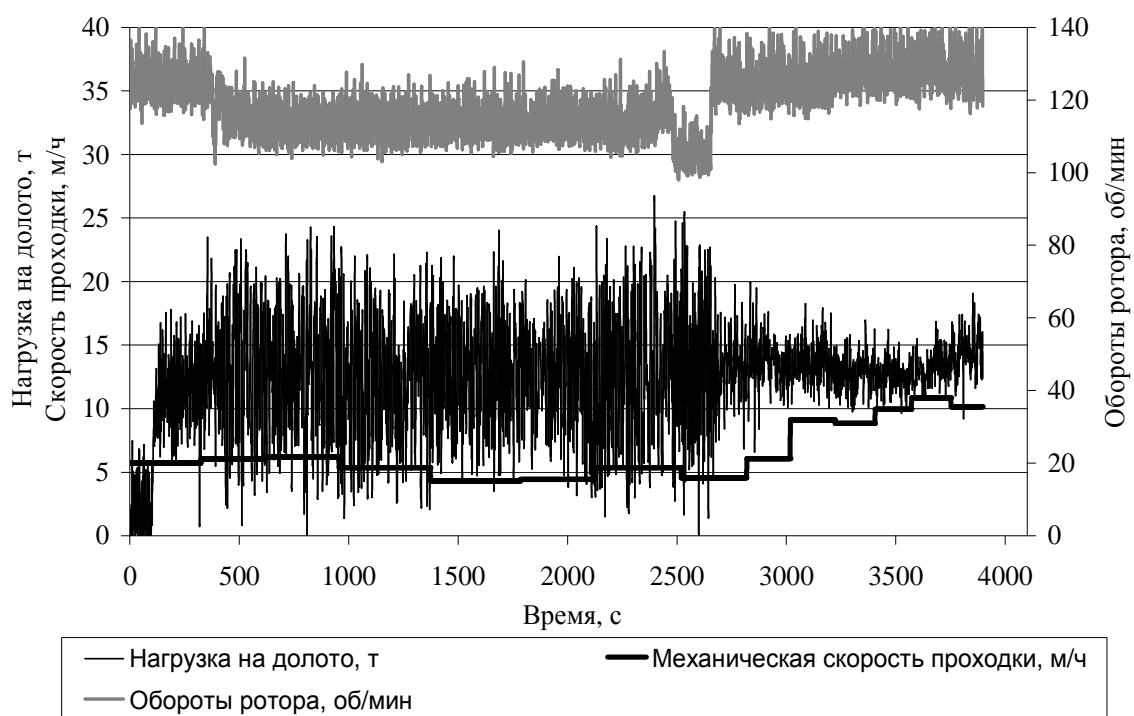


Рис. 9. Продольные колебания в интервале 1918-1925 м скважина 100 Восточно-Мастерьевского месторождения

В результате выполненного непосредственно на буровой расчета зон продольных колебаний с использованием компьютерной программы были получены области с зонами продольных колебаний (рис. 10).

По результатам расчета видно, что при $n=113 - 115 \text{ мин}^{-1}$ колебания буровой колонны действительно должны были возникнуть и продолжаться, если не менять частоты вращения ротора, до глубины 2000 м. Но при частоте вращения ротора $127 \pm 5 \text{ мин}^{-1}$ на глубине 1918 м резонансные колебания возникать не должны. С учетом результата расчета было принято решение увеличить частоту вращения ротора до $125 - 130 \text{ мин}^{-1}$. На рис. 9 видно, что при увеличении оборотов ротора до $125 - 130 \text{ мин}^{-1}$ колебания буровой колонны закончились. Бурение пошло в безрезонансной зоне. После прекращения колебаний на рис. 9 видно, что при дальнейшем бурении пошло увеличение механической скорости бурения. Скорость увеличилась почти в 2 раза.

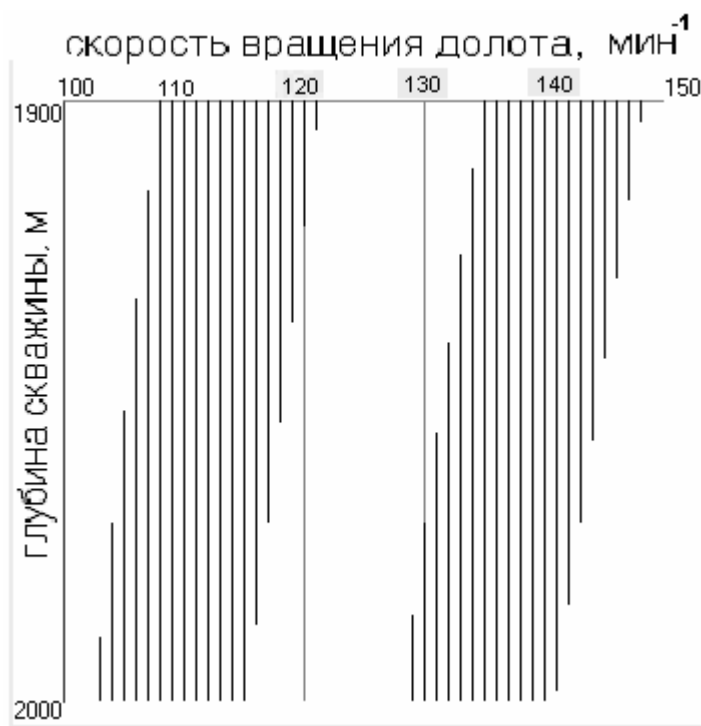


Рис. 10. Зоны резонансных колебаний бурильной колонны (заштрихованные) скважина 100 Восточно-Мастерьельского месторождения

Необходимо подчеркнуть, что прирост механической скорости в 2 раза невозможно объяснить увеличением частоты вращения, так как последняя увеличилась всего на 10 - 12%, но можно объяснить постоянством нагрузки, увеличением времени контакта зуба долота с породой без отрыва. При анализе шлама отобранного во время работы бурильной колонны в резонансном режиме продольных колебаний на скважине 1526 Южно – Харьягинского месторождения, было установлено, что в пробах преобладают частиц размером от 1 мм до 3 мм их процентное содержание составляет 70 – 100%. При выходе бурильной колонны из зоны резонансных колебаний отметим во первых, что содержание частиц размером от 1 мм до 3 мм снизилось с 70-100% до 30%, увеличилось процентное содержание более крупных. Частиц размером 3-5 мм стало 25%, 5-7 мм возросло до 15%, >7 мм достигло 30%. Во вторых, фракционный состав шлама стабилизировался и стал постоянный. Породы и долото во время бурения не менялись.

В ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ представлена схема удаленного мониторинга бурения (УМБ) и разработана методика оперативного контроля, управления и оптимизации параметров режима бурения в реальном времени на основе использования станций геолого-технологических исследований и компьютерных программ.

Система УМБ предназначена для обеспечения диспетчерского контроля и оперативного управления процессом строительства скважин эксплуатационного, поискового и разведочного бурения.

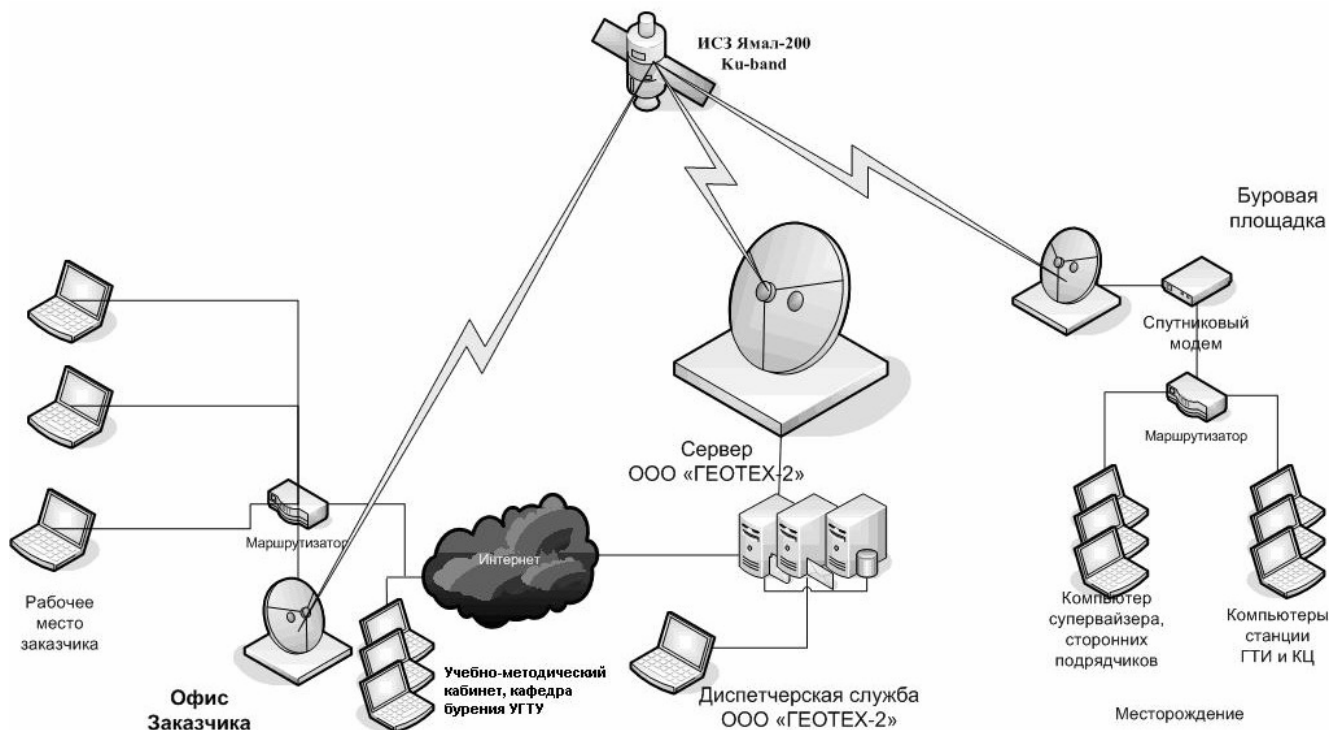


Рис. 11. Схема удаленного мониторинга бурения.

Данные, полученные с датчиков, поступают на компьютер-сервер в станции ГТИ. С него через спутниковый модем данные с интервалом 5 секунд передаются на спутник. Со спутника данные получает Сервер-Геотех-2, где по каждой скважине и месторождению формируется база данных.

Сервер-Геотех-2 подключен к Интернету. Любой пользователь, имеющий программное обеспечение и ключи для доступа к базе данных может, подключившись к Интернету просмотреть информацию по скважине в режиме реального времени или в режиме ретроспекции.

Возможности программного комплекса:

1. В режиме реального времени любому пользователю, имеющему соответствующее программное обеспечение, получать информацию о процессе строительства скважины в любой точке, где имеется выход в интернет и в любой момент времени.

2. Хранение всех данных, поступающих со скважин на сервере ООО «ГЕОТЕХ-2»;
3. Достоверность информации, обеспечиваемая автоматической регистрацией первичных данных с помощью программно-технических средств станции ГТИ и автоматической доставкой без вмешательства человека;
4. Конфиденциальность данных;
5. Ведение базы данных по бурению и ГТИ по скважинам месторождения;
6. Табличное и графическое представление данных;
7. Представление данных в сводных диаграммах по рейсу, скважине, площади, месторождению;
8. Генерацию стандартных и пользовательских отчетов по бурению, сводных отчетов по скважине, площади, месторождению;
9. Выполнение прикладных задач;
10. Удаленный доступ к Базе Данных;
11. Одновременную работу с Базой Данных нескольких пользователей.

На кафедре бурения Ухтинского Государственного Технического Университета в учебно - методическом кабинете технологии направленного бурения (аудитория №104 корпус Д) при сотрудничестве ректора УГТУ Цхадая Н.Д., заведующего кафедрой бурения Буслаева В.Ф., начальника управления по бурению ООО «Лукойл-Коми» Сенатова В.В. генерального директора ООО «Геотех-2» Езерского С.М., главного технолога ООО «Геотех-2» Краснова С.А. создана возможность в ходе учебного процесса получать информацию в режиме реального времени с бурящихся скважин ООО «Лукойл-Коми» по средствам УМБ. В учебно-методическом кабинете установлен комплекс программ для выполнения мониторинга бурения. При выполнении лабораторных и практических работ студент научится в режиме реального времени «читать» графики получаемые со станции ГТИ, изучит технологию бурения, освоит программный комплекс станции ГТИ, научится выявлять, распознавать и предотвращать предаварийные ситуации в скважине. Параллельно с обучением программ станции ГТИ для студентов появилась возможность сравнивать результаты программ по оптимизации режимов бурения, разработанных в УГТУ, на кафедре бурения, с промышленным материалом, получаемым непосредственно со скважины в процессе бурения.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

- Создано научное и методическое обеспечение управления и оптимизации режимов бурения в системе удаленного мониторинга по значениям текущей рейсовой скорости и с учетом динамики бурильной колонны.
- Осуществлено применение результатов диссертационной работы при управлении и оптимизации режимов бурения в системе удаленного мониторинга бурения в 12 скважинах ООО БК «Евразии», ООО «Интегра - Бурение», «СеверБурСервис».

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Основные положения диссертации нашли отражение в следующих печатных работах:

1. Осипов, П.Ф. Анализ продольных колебаний бурильной колонны по данным станции геолого-технологических исследований [Текст] / П. Ф. Осипов, В. К. Хегай, С. А. Краснов // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море - № 4, 2004 – с.10-11.
2. Краснов, С. А. Опыт управления интенсивными колебаниями бурильной колонны. [Текст] / С. А. Краснов, П. Ф. Осипов, Е. К. Юнин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - №12, 2004 – с.8 - 10
3. Краснов, С. А., Управление процессом отработки современных долот по текущей рейсовой скорости в условиях многократного изменения буримости пород [Текст] / С. А. Краснов, П. Ф. Осипов, К. С. Михнюк, С. В. Лахтионов, А. М. Миленский, И. Е. Федорин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - №1, 2005 – с.19 - 23
4. Краснов, С. А. Влияние резонансных колебаний бурильной колонны на фракционный состав шлама. / VII всероссийская конференция молодых учёных специалистов и студентов по проблемам газовой промышленности России. «Новые технологии в газовой промышленности» 2007, 17 – 19 сентября 2007 г.: Материалы конференции. – М: .РГУНГ им. Губкина, - 2007г. - с. 61.