

*Воропаев Виталий Викторович
студент 3 курса магистратуры,
Нефтегазовое дело
Тюменский индустриальный университет,
Россия, г. Тюмень
e-mail: 3vitaliy.voropaev@mail.ru*

*Научный руководитель: Паникоровский Е.В.,
ассистент,
Тюменский индустриальный университет
Россия, г. Тюмень*

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ТЕЛЕМЕТРИИ SPERRY SAN В ПРОЦЕССЕ БУРЕНИЯ, ЗАМЕРЫ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ИХ РЕЗУЛЬТАТОВ

***Аннотация:** Основными преимуществами данной телеметрической системы является ее высокая надежность и информативность показаний, за счет которых можно значительно сократить сроки строительства скважин и предотвратить возникновение различных осложнений в процессе производства работ.*

В состав телеметрического комплекса Sperry San входят пять базовых модулей каротажа, которые могут дополняться исходя из требований заказчика и определенных условий месторождения: модули нейтронного, электрического, электромагнитного, плотностного и акустического каротажа. Данные модули позволяют определять пористость и нефтенасыщенность пластов, модуль акустического каротажа определяет расстояние от кровли и подошвы пласта, по которому располагается траектория скважины и позволяет корректировать ее положение, для наиболее полного охвата продуктивной части пласта.

В данной статье рассмотрим результаты применения телеметрии Sperry San в условиях Северо-Варьеганского месторождения.

Ключевые слова: Телеметрия, геонавигация, Sperry San Drilling, инклинометрия, каротаж, эффективность бурения, замеры высокого разрешения, геологическая модель пласта.

*Voropaev Vitaly Viktorovich
3rd year master student,
Oil and gas business
Tyumen Industrial University,
Russia, Tyumen*

Scientific adviser: Panikorovsky E.V.,

HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX OF TELEMETRY SPERRY SAN IN THE DRILLING PROCESS, HIGH RESOLUTION MEASUREMENTS AND INTERPRETATION OF THEIR RESULTS

***Abstract:** The main advantages of this telemetry system are its high reliability and information content of indications, due to which it is possible to significantly reduce the time for well construction and prevent the occurrence of various complications in the process of work.*

The Sperry San telemetry complex includes five basic logging modules that can be supplemented based on customer requirements and specific field conditions: neutron, electrical, electromagnetic, density and acoustic logging modules. These modules allow you to determine the porosity and oil saturation of the formations, the sonic logging module determines the distance from the top and bottom of the formation along which the well trajectory is located and allows you to correct its position for the most complete coverage of the productive part of the formation.

In this article, we will consider the results of using Sperry San telemetry in the North Varyoganskoye field.

Key words: Telemetry, geosteering, Sperry San Drilling, directional survey, logging, drilling efficiency, high-resolution measurements, geological reservoir model.

Каждый модуль данной телеметрической системы (ТС) обладает встроенной энергонезависимой памятью с автономным питанием, высокопроизводительным процессором для анализа и интерпретации полученных замеров, а также программное обеспечение (ПО) для регистрации, обработки и вычисления основных параметров измерений и передачи полученных параметров вместе с информацией модуля инклинометрии и гамма-каротажа, по беспроводному гидравлическому каналу связи на пульт управления оператора в режиме реального времени.

В память модулей пишутся все первичные данные, на основании которых после определяются конечные параметры. Частота записи первичных данных намного больше, чем данных, которые передаются на поверхность, что позволяет отразить более детальное расчленение информации о пластах по глубине для корректирования и формирования заключительных результатов в режиме реального времени.

На рисунке 1 представлены данные полученные с ТС кабельного типа «Геонавигация» ТНГ-Групп и ТС Sperry San с гидравлическим каналом связи по модулям нейтронного и бокового электрического каротажа.

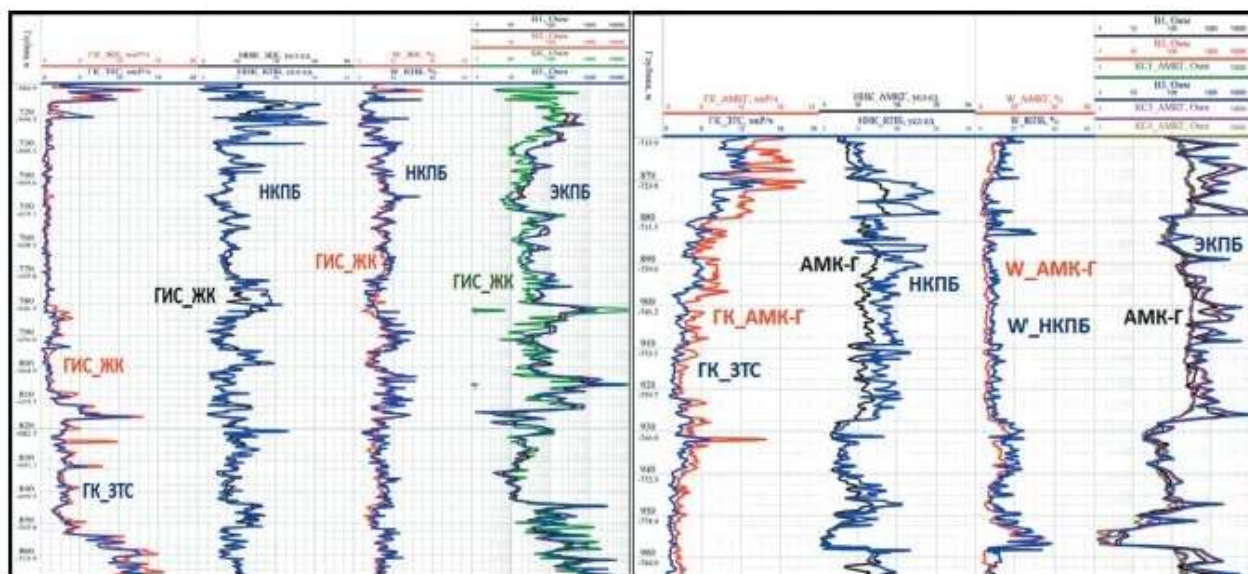


Рисунок 1 – Данные по модулям нейтронного и бокового электрического каротажа ТС «Геонавигация» ТНГ-Групп и Sperry San

Как видно из данного рисунка (см. рисунок 1) ТС Sperry San дает более развернутые и точные данные по сравнению с ТС отечественного производства. Данные опытные испытания данных ТС проведены более чем на 10ти скважинах Северо-Варьеганского месторождения и подтверждены геологическими службами ООО «Варьеганнефть», что подтверждает высокую информативность и надежность применения ТС от Sperry San Drilling Services.

На рисунках 2 и 3 представлены результаты интерпретации полученных с помощью ТС Sperry San в виде мини-геологической модели рассматриваемого продуктивного пласта и его фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) в режиме реального времени.

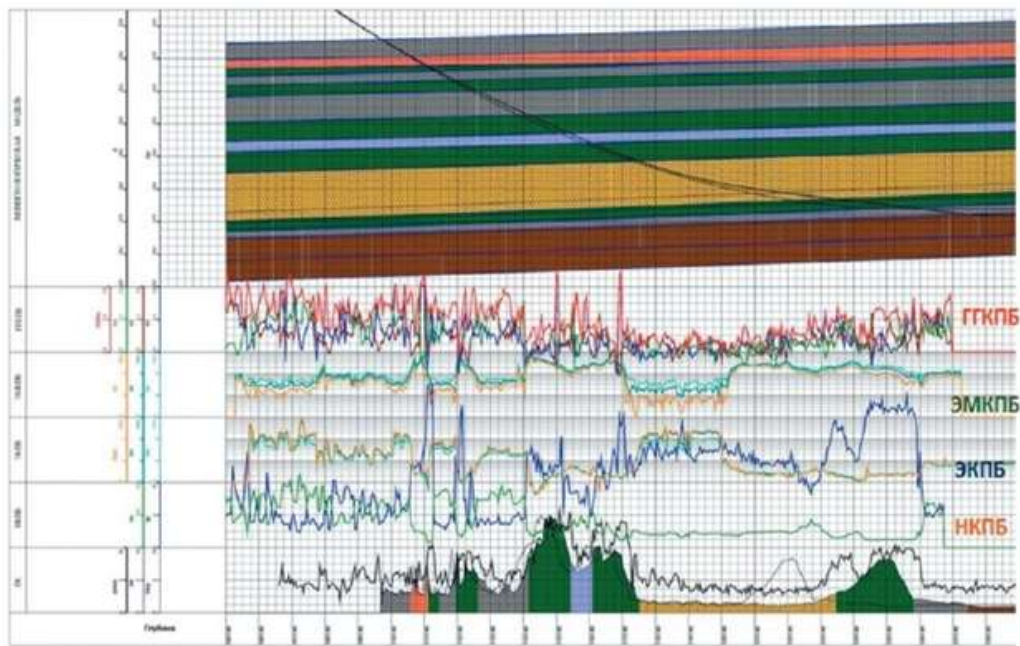


Рис. 2 . Минигеологическая модель

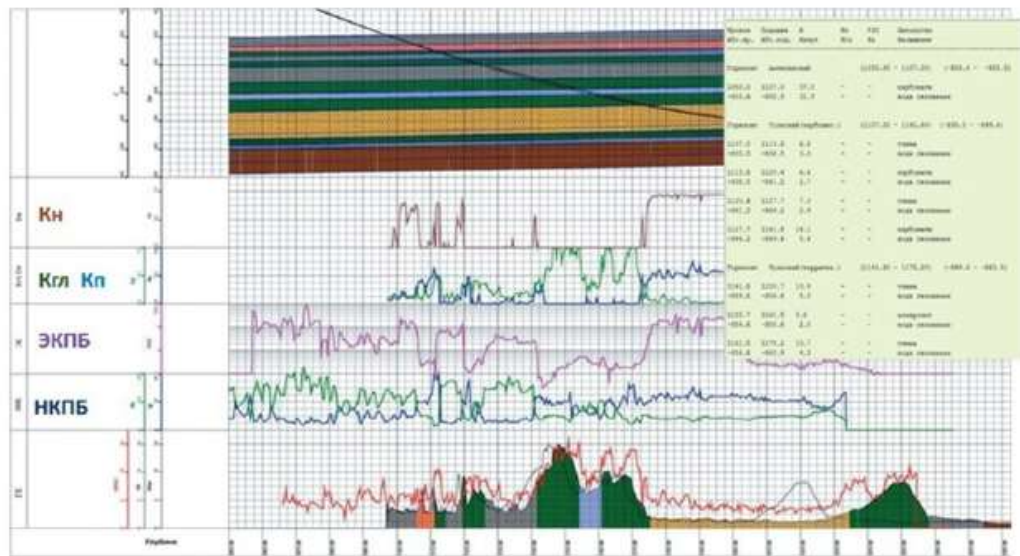


Рис. 3. Мини-геологическая модель, расчет ФЭС

ТС Sperry San позволяет осуществлять замеры высокого разрешения (HDS) на основании метода комбинации статических и динамических параметров и непрерывного потока данных по контролю зенитного угла, азимута, давления, температуры, ФЭС и т.д. что позволяет исключить возникновение ошибок в процессе производства буровых работ связанных с низкой частотой замера.

На рисунке 4 представлены результаты сравнительных замеров между стандартными измерениями и измерениями выполненных с помощью ТС Sperry San, при этом рассматриваемая ТС уже в процессе выполнения замеров отфильтровывает низкодостоверные значения для получения более точного конечного результата.



Рисунок 2 – График плотности замеров зенитного угла с помощью ТС Sperry Sap по сравнению со статическими исследованиями

Таким образом, ТС Sperry Sap в составе КНБК дает более точные результаты по траектории и положению скважины без применения дополнительных и зачастую трудоемких методов исследований, позволяет минимизировать расстояния между скважинами при их плотной сетки без риска их пересечения, жестко и точно контролировать их расположение в продуктивном пласте, улучшить проводку скважин, сократить время бурения за счет отсутствия лишних (в данном случае) операций по проведению статических замеров исследований, оптимизировать параметры бурения и т.д.

Рассмотрим применение данной телеметрии по результатам применения ее на 5-ти скважинам Северо-Варьганского месторождения которое отличается сложным геологическим строением и склонным к сильным изменениям при производстве буровых работ.

На рисунке 5 представлена типовая конструкция данных горизонтальных скважин, которые выполнялись по типовой технологии данного месторождения из трех секций - 295,3 мм, 220,7 мм и 155,6 мм., в таблице 1 представлены сводные данные по вышеуказанным скважинам.

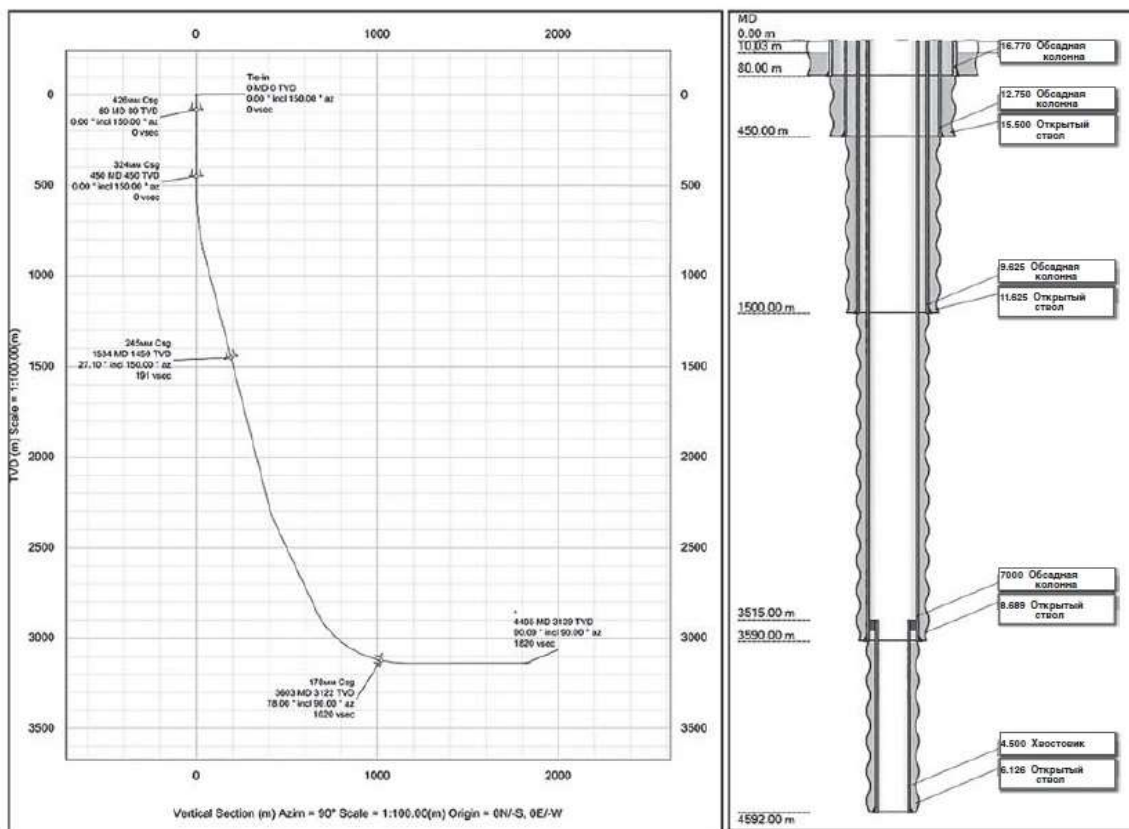


Рисунок 3 – Типовая конструкция скважин.

Таблица 1 – Сводные данные по траекториям скважин

№ скв.	Глубина, м.	Общая глубин, м	DDI
01	1146	4476	6.39
02	1397	4544	6.51
03	2202	4629	6.54
04	881	4645	6.59
05	2409	4629	6.47

Обработка скважинных данных осуществлялась в несколько этапов для последующего анализа на предмет их различия. Непрерывные данные инклинометрии вместе с данными статических замеров были совмещены с интервалом замеров высокой плотности TC Sperry Sun с интервалом в 3 м. Обработка выполнялась после завершения бурения секции для анализа оптимальной траектории скважины. В отношении азимутальных данных статические замеры были скорректированы с учетом магнитной интерференции КНБК, используя метод многоточечной коррекции.

Результатом данного промышленного эксперимента выразилось в детальном описании траектории ствола скважины с частотой замеров каждые 3 м. Что, в свою очередь, позволило учитывать сложную форму ствола скважины, фактическую искривленность и более точное местоположение скважины. При этом положительный эффект наблюдался на 85% скважин. Результаты данного эксперимента отображены ниже.

Таблица 2 – Сравнение результатов

№ скв.	Замеры высокого разрешения на глубине 260м	Замеры высокого разрешения на глубине 560м	Максимальная ошибка глубины
01	3,92	4,0	4,6
02	0,5	0,47	1,75
03	2,91	3,0	3,3
04	0,99	1,03	1,09
05	0,54	0,52	0,76

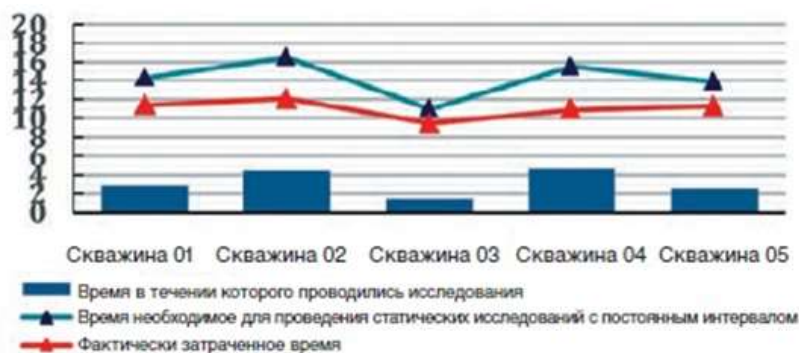


Рисунок 3 – Фактически сэкономленное время при использовании ТС Sperry San

Использование ТС Sperry San позволило сократить общее время за счет исключения статических исследований в среднем на 30%.

Частота замеров может выявить все даже незначительные искривления продуктивного пласта, которые не заметны при статических замерах, что способствует улучшению определения границ пласта по каротажным диаграммам с помощью телеметрических систем. Это особенно важно в случае геонавигации в пластах небольшой мощности, где данные искривления практически незаметны на статических замерах и приводят к искусственным

изгибам границ пласта на инверсии, вызывающим неверные предположения о структуре пласта и, как результат, – выход из тонкого пласта (рисунок 7).

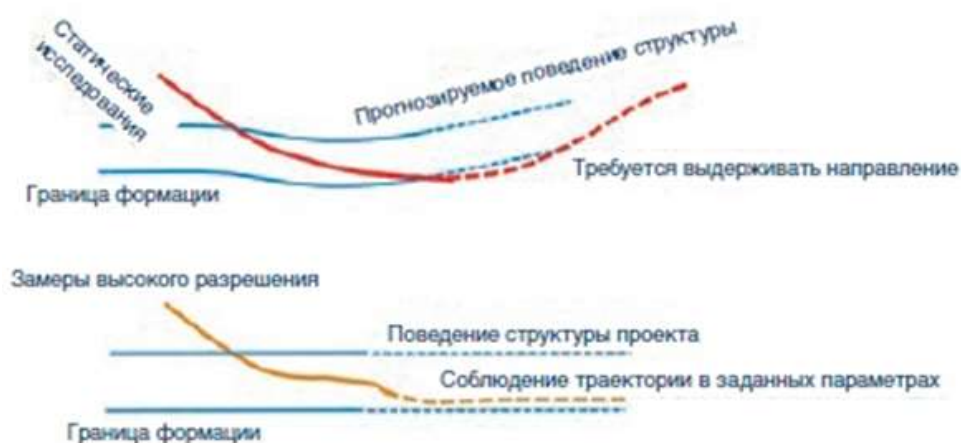


Рисунок 4 - Влияние применения замеров высокого разрешения TC Sperry Ssp на расположение трассы скважины.

Еще одним примером эффективности данной телеметрической системы является проект горизонтальных скважин с пространственно-искривленными траекториями (3D-профилями), запланированными с горизонтальными участками более 1000 м в секции 155,6 мм (6,125 дюймов) под хвостовик.

При бурении горизонтальной секции было установлено, что фактический коэффициент трения был выше 0,4 для коэффициента вращательного трения, влияющего на крутящий момент (объединенный коэффициент, который включает в себя несколько различных влияний, таких, как коэффициент трения, очистка скважины, извилистость ствола скважины, набухающие горные породы, и т. д.) и 0,5 – для коэффициента трения по направлению вдоль оси ствола скважины, влияющего на вес на крюке. Эти показатели являются аномально высокими даже для данного месторождения (рис. 8). При бурении данной скважины был выдвинут ряд предположений – несоответствие бурового раствора, проблемы в очистке ствола и т.д. В конечном итоге при достижении максимального крутящего момента для применяемых бурильных труб – 283 м потенциальной зоны продуктивного горизонтального участка были потеряны.

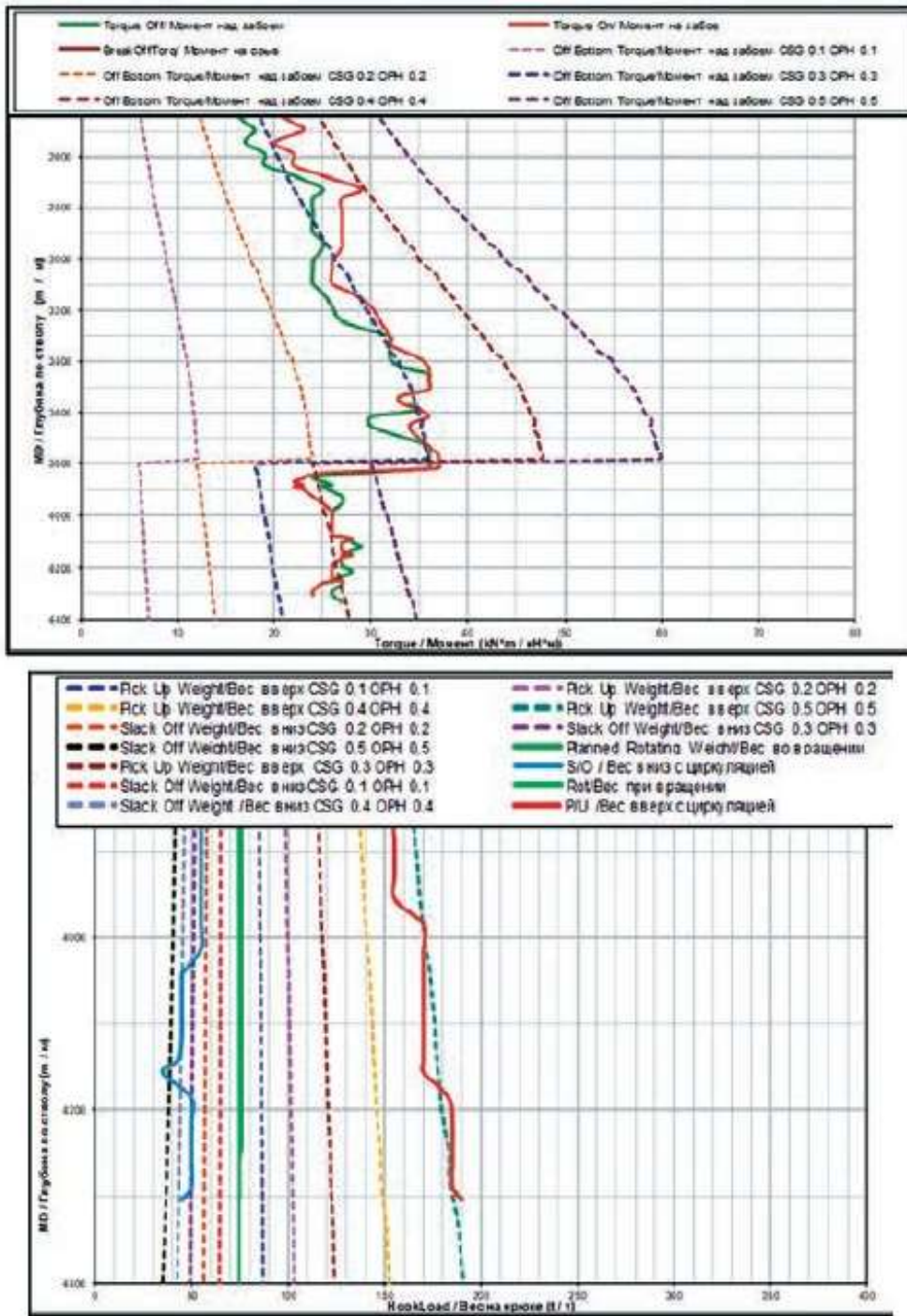


Рисунок 5 – Графики крутящих моментов и веса на крюке показывающие аномально высокие значения.

После чего было принято решение об использовании телеметрии Sperry San по результатам замеров которой извилистость скважинного ствола была перекалибрована и после чего стал возможен к применению реальный коэффициент вращательного трения 0,35 для крутящего момента и коэффициента трения 0,35 вдоль оси ствола скважины для веса на крюке. Это

устранило аномальные коэффициенты трения, которые изначально считались связанными с геологией или буровым раствором (рис. 9).

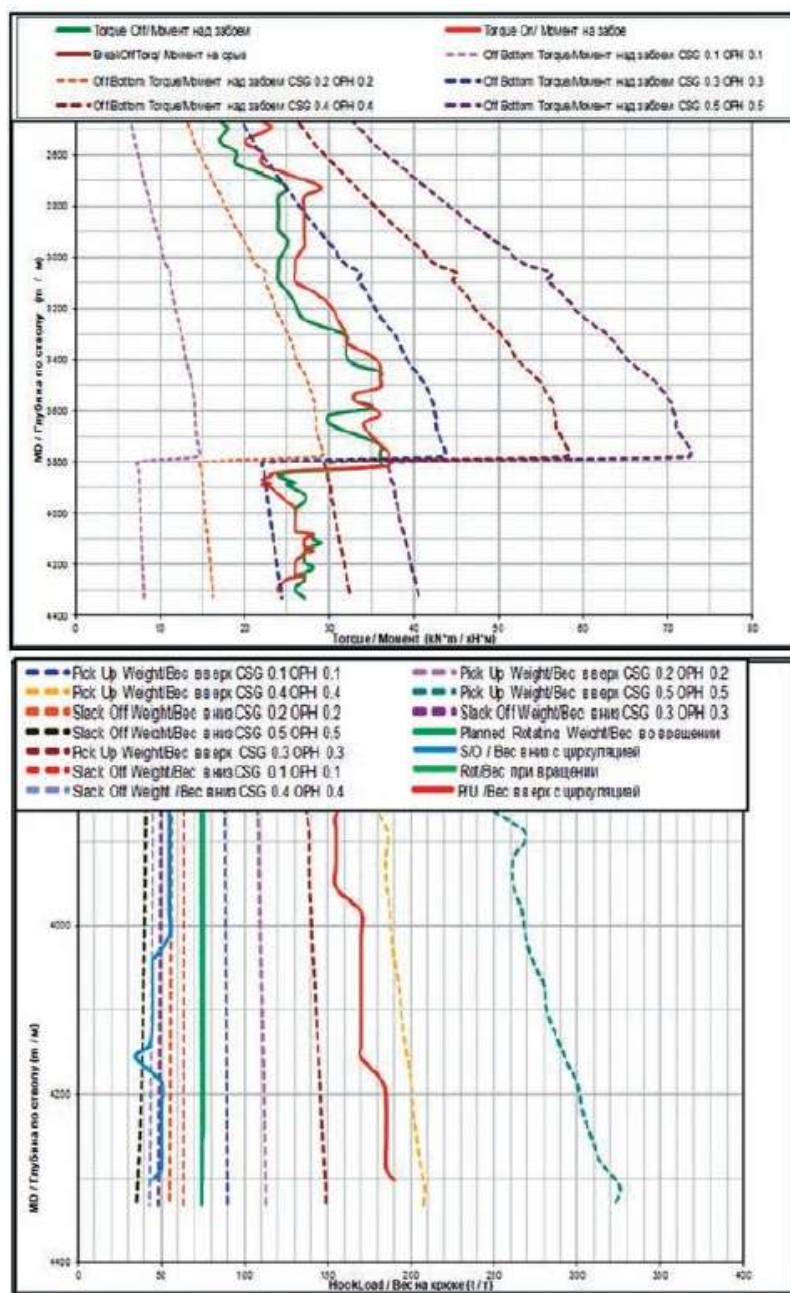


Рисунок 6 - Графики крутящих моментов и веса на крюке по глубине с фактическими данными, с перекалиброванной моделью и коэффициентами трения.

Таким образом, применение телеметрии от Sperry Sun при бурение скважин стало более точным и эффективным, позволило сократить основное время на буровые работы, минимизировать непредсказуемые изменения как траектории скважины так и компоновок КНБК за счет изменения крутящего момента и сил трения действующие на буровые трубы.

Sperry SanDrilling MWD/LWD - многофункциональный комплекс контроля бурового инструмента и гамма-каротажа в процессе бурения, позволяющий сократить время операций с КНБК и число дополнительных рейсов, необходимых для получения качественных результатов.

Список литературы

1. Инженерный подход к бурению скважин. Хьюстон: штат Техас. SperrySanDrillingServices, 1993. 299 с.
2. Аглиуллин М.Я., Корженевский А.Г., Юсупов Р.И., Боброва Г.И., Ахметов Н.З., Нафикова А.З. Методика проектирования и контроля строительства горизонтальных скважин с использованием геолого-геофизической информации. Тверь: НТВ «Каротажник», Изд-во АИС, 2003. Вып. 109. С. 137-142.
3. Комплект отчетной документации ОАО «Варьеганнефть» по проведению буровых работ с применением роторно-управляемых систем с телеметрией SperrySan
4. Акбулатов Т.О., Левинсон Л.М., Мавлютов М.Р., Самигуллин В.Х. Телеметрические системы в бурении. Учебное пособие. Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 1999. 65 с.
5. Гайван А.Г., Аглиуллин М.Я., Шакурова Н.М., Хуснутдинов В.В. Направления развития геонавигации при проводке горизонтальных скважин. Бугульма: Геофорум, 2012. Вып. 3. С. 204-215.
6. Sperry Drilling – HALLIBURTON Directional Drilling End of Well Report. Sperry Drilling - HALLIBURTON Directional Drilling End of Well Report Well: Rockhopper-1 Rig: Kan Tan IV Location: Bass Basin, Australia Sperry Drilling – Halliburton, 2006.
7. Молчанов А.А., Лаптев В.В., Моисеев В.Н., Челокьян Р.С. Аппаратура и оборудование для геофизических исследований нефтяных и газовых скважин: Справочник. М.: Недра, 1987. 263 с.