

Абдуллин А.Д.

*студент Уфимского государственного нефтяного технического
университета*

Эйюбова С.Т.

*студент Уфимского государственного нефтяного технического
университета*

Киямова А.М.

*студент Уфимского государственного нефтяного технического
университет*

Яркинбаева Ю.А.

*студент Уфимского государственного нефтяного технического
университет*

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ГЕОНАВИГАЦИОННОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СКВАЖИНЫ

***Аннотация:** Данная статья посвящена рассмотрению процессов геонавигационного сопровождения горизонтальной скважины. Цель статьи – изучение процессов геонавигационного сопровождения горизонтальной скважины. Одним из наиболее эффективных методов интенсификации добычи нефти из пластов коллекторов стало бурение скважин с горизонтальным окончанием, позволяющее добиваться значительного увеличения длины пересечения стволом скважины пласта коллектора, а значит увеличения площади фильтрации пластового флюида. Проведен анализ процессов геонавигационного сопровождения горизонтальной скважины. Сделаны соответствующие выводы.*

***Ключевые слова:** Бурение, скважина, геонавигация, горизонтальная скважина, процесс*

Abstract: This article is devoted to the consideration of the processes of geonavigation monitoring of a horizontal well. The purpose of the article is to study the processes of geonavigation tracking of a horizontal well. Drilling of wells with a horizontal termination has become one of the most effective methods of intensifying oil production from reservoir formations, which makes it possible to achieve a significant increase in the length of the borehole crossing of the reservoir formation, which means an increase in the filtration area of the reservoir fluid. The analysis of the processes of geonavigation tracking of a horizontal well is carried out. Relevant conclusions have been drawn.

Keywords: Drilling, wells, geonavigation, horizontal well, process.

Главным фактором успеха при бурении горизонтальных стволов является достаточная осведомленность о геологической, гидравлической составляющей при проектировании скважины, с целью достижения максимально возможных результатов. Неоднородность геомагнитного поля земли связана с различными источниками его возникновения, находящимися внутри планеты, на поверхности и в околоземном пространстве. Основные источники, создающие магнитное поле земли - это ядро, мантия и кора планеты. В свою очередь магнитное поле земли возникает вследствие динамических процессов в ядре и является главной составляющей полного вектора магнитной индукции B (рисунок 1) [1].

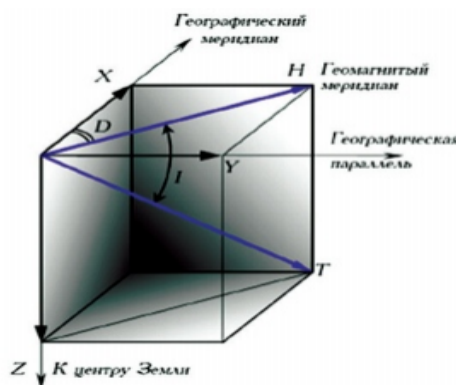


Рисунок 1 – Разложение вектора магнитного поля в декартовой (X, Y, Z), цилиндрической (D, H, Z) и сферической (D, I, F) системах координат

Магнитное поле изменяется с течением времени, измерения на поверхности и спутниковое показывают, что за 20 лет оно снизилось в пределах (1,5-2) %. А где-то и на 10%, например, в южной части Атлантики. Отслеживание изменения магнитного поля необходимо для обновления глобальных моделей, применяющихся, например, в навигации. В целом изменение МПЗ происходит не быстро, однако существует вероятность возникновения аномалий.

Контроль качества инклинометрических измерений

Бурение скважин требует высокого уровня точности определения параметров инклинометрии, для точного определения положения ствола скважины в пространстве. Для снятия замеров применяются магнитные инклинометры, они стабильны и с большим успехом интегрируются в забойные ТМС. На рисунке 2 отмечено расположение инклинометра в составе КНБК. Наиболее важной задачей совершенствования ТМС является повышение качества данных, снижение погрешностей влияния магнитных полей, путем использования наиболее актуальных моделей - общих и локальных, ориентированных на наличие аномалий.

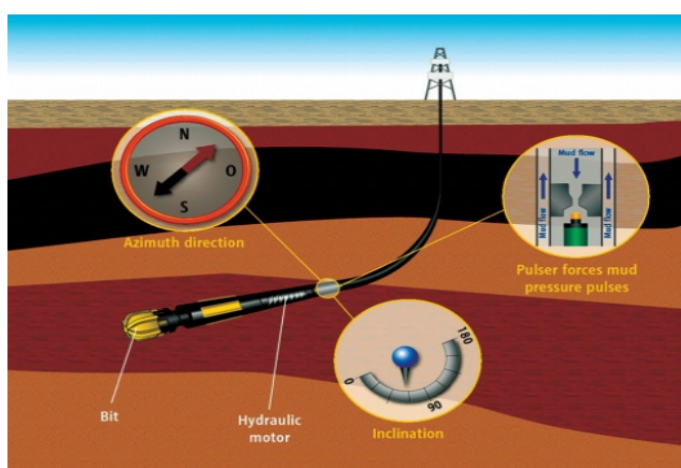


Рисунок 2 – Ствол наклонно-направленной скважины, буровой инструмент

и измерительные приборы для контроля заданного направления по магнитному склонению и азимуту

Датчики инклинометрии.

Индукционные магнетометры - воспринимают влияние магнитного поля во всех плоскостях. Конструкция магнетометра - это 2 катушки, намотанные на стержни, с высокой магнитной проницаемостью, в разных направлениях (рисунок 3).

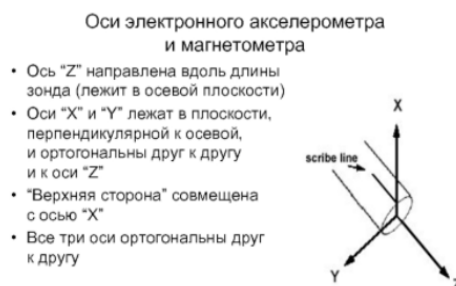


Рисунок 3 – Оси электронного акселерометра и магнетометра

При пропускании через катушки переменного тока создается переменное магнитное поле, намагничивающее стержни [2].

Прохождение переменного тока создает магнитное поле, действующее на стержни, при присутствии внешнего магнитного поля, один из стержней достигает состояния насыщения быстрее, из-за этого возникает напряженность внешнего магнитного поля. На рисунке 4 изображено воздействие гравитации на акселерометр.

При перпендикулярном воздействии входной и выходной сигналы имеют одинаковую величину и соответствуют верхнему пределу входного/выходного напряжения 4,5 вольт. При параллельном воздействии силы гравитации, соответственно, на выходе и входе имеем значение 0 вольт - нижняя граница.

При приложении силы гравитации к примеру под углом 45 градусов, уровень выдаваемого напряжения будет $U_{\max} \cdot \cos 45^\circ$, отсюда $4,5 \cdot (\sqrt{2}/2) = 3,182$ вольт.

Отклик акселерометра в зависимости от ориентации

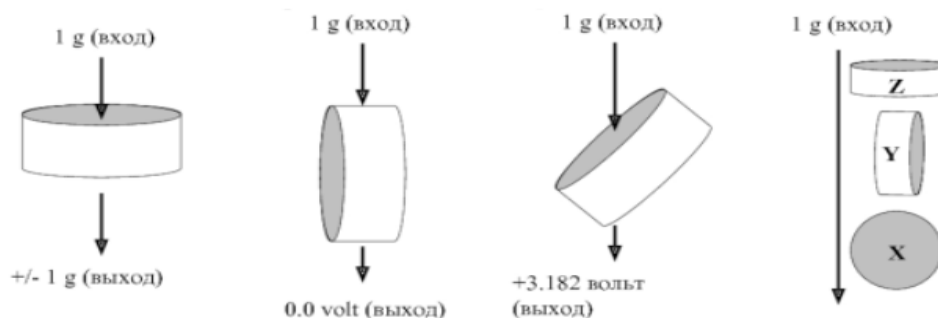


Рисунок 4 – Отклик акселерометра в зависимости от ориентации

Проблема определения оси Vz.

Напряженность магнитного поля состоит из параметров Vx, Vy и Vz. Для определения каждого из параметров в составе ТМС есть три феррозондных магнитомера, каждый из которых работает по своему направлению. Vz измеряется по оси бурильной колонны, Vx и Vy измеряются перпендикулярно оси бурильной колонны (рисунок 5).

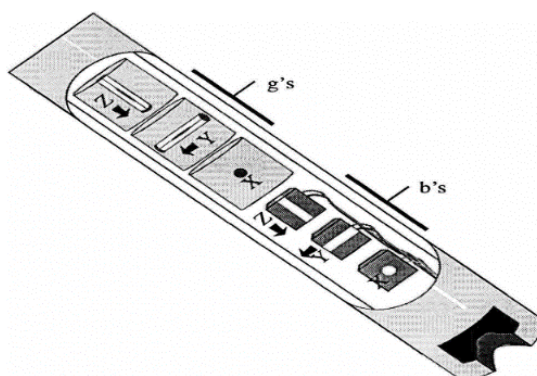


Рисунок 5 – Схематичное расположение акселерометров и магнитометров трехосного инклинометра

Интерференция создается при близком нахождении стальных элементов бурильной к зонду, из-за их намагничивания, происходит влияние на прибор измеряющий ось Vz, особенно это ярко выражено при бурении в азимутах 90 и 270 градусов с сохранением интерференции, но постепенным ее снижением с удалением от критических точек, плюс/минус 20 градусов. Для снижения интерференции используют немагнитные УБТ в составе бурильной колонны, с целью снизить влияние магнитного поля на получаемые значения. По при получении сырого значения и выходом его за разумные рамки, именно в данной точке в данное время, вносить корректирующий параметр, который определяется на основе глобальной модели, а также частных местных моделей при наличии аномальных зон.

Так же значение оси Vz можно получить математически при условии наличия всех остальных значений: G_x , G_y , G_z , V_x и V_y .

Правильный расчет количества необходимых немагнитных УБТ, а также правильное расположение приборов, на определенном удалении от стальных элементов - залог возможности снятия качественных замеров и правильного определения пространственного положения ствола скважины.

Задачи, решаемые с помощью геонавигации.

Задачи геонавигации можно разделить на 2 группы: технологические; геофизические.

К первой категории относятся определяющие параметры режимов бурения: давление в трубном и затрубном пространствах, количество оборотов бурильной колонны, расход промывочной жидкости, температурный режим в призабойной зоне. Ко второй категории относятся: данные инклинометрии, определяющие пространственное положение и данные о параметрах окружающих пород - удельное электрическое сопротивление, естественная радиоактивность пород, объемная плотность пород. Современные реалии бурения требуют от комплексов MWD/LWD не только повышения точности

получаемых данных, а также оперативности их получения, увеличения проникающей способности каротажа, для расширения картины, а так же снижения длины зоны непромера [3].

Повышение эффективности бурения горизонтальных скважин с помощью геонавигационного сопровождения и корректировок траектории.

Проведение работ.

При начале работ стояла задача достигнуть проектного забоя в соответствии с план-программой, а также получить качественные и объемные данные каротажного комплекса, для применения при проектировании дальнейших скважин на данном месторождении. Плановые параметры строительства ствола скважины: целевой пласт ЮВ1, финальный забой 3863 м, профиль скважины - горизонтальный. Бурение производилось станком ЭБМ К-320.002, оборудованным ВСП. В процессе строительства применялся гамма-каротаж и фиксация инклинометрических параметров. Интерпретация данных полученных в процессе бурения, обеспечивает хороший уровень осведомленности о геологических параметрах и технологическом процессе бурения на данном месторождении, что при планировании следующих работ окажет положительное влияние. Для строительства скважины подрядчиком были применены: комплекс программного обеспечения для расчета и корректировки профиля, контроля отклонений и пересечений скважин, а так же полный набор забойного оборудования для производства работ сервиса по наклонно-направленному бурению: ВЗД, калибраторы, переводники, комплекс ТМС (забойное и наземное оборудование, программное обеспечение), обратные клапаны, ясы [4].

Конструкция скважины: направление ОК 324 мм - 58 м; кондуктор ОК 245 мм - 994 м; эксплуатационная колонна ОК 178 мм - 3386,3 м; открытый горизонтальный ствол в интервале 3386,3 - 3863 м. На рисунке 6 представлена схематичная визуализация конструкции скважины, с указанием диаметров и глубин спуска ОК.

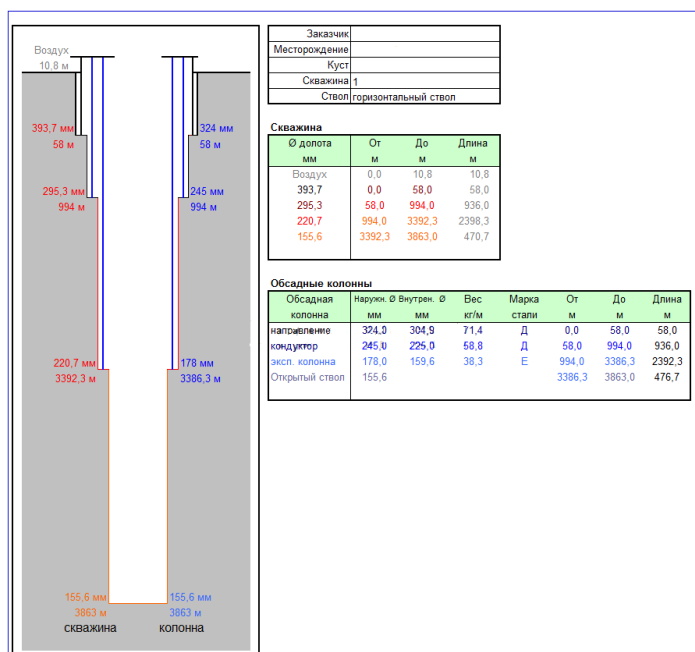


Рисунок 6 – Конструкция скважины

На рисунках 7 и 8 представлены вертикальная и горизонтальная проекции фактического ствола скважины. Точка входа в пласт, первая цель, Т1 достигнута с требуемым углом 90 градусов и отмечена на глубине 2700 м по стволу. Финальный забой Т3 достигнут согласно проектным значениям, бурение остановлено на глубине 3863 м - достижение проектного забоя.

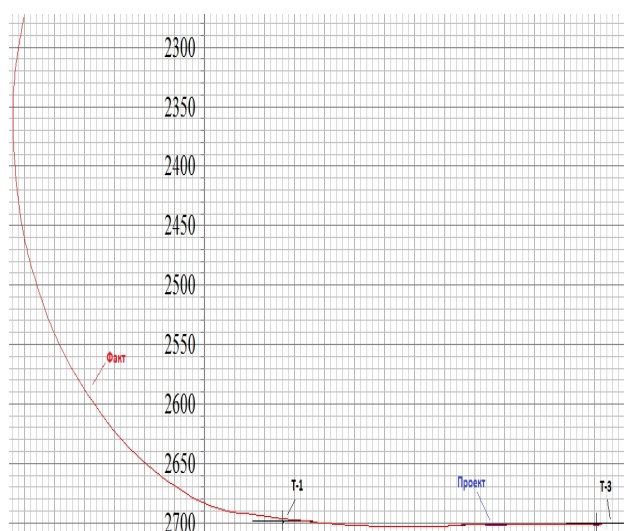


Рисунок 7 – Вертикальная проекция скважины

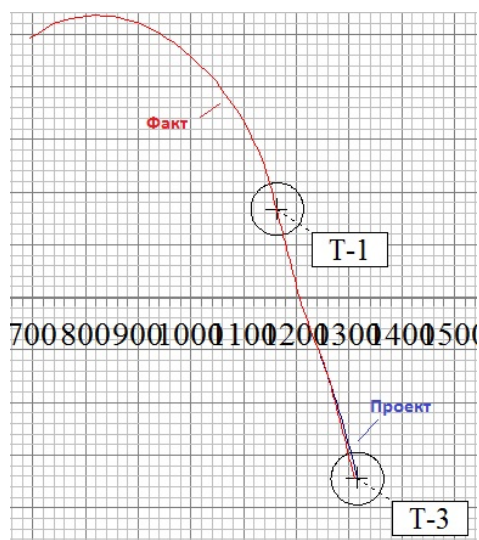


Рисунок 8 – Горизонтальная проекция скважины

За всю скважину возник лишь 1 случай НПВ, по причине отказа ТМС, общее время НПВ составило с 20:21 30.06.2024 до 04:30 02.07.2024 31 час 51 минута.

Данные каротажа из памяти переданы своевременно, значения из памяти и полученные в реальном времени соответствуют друг другу.

Сравнение данных каротажа.

На данном рисунке 9 приведены для сравнения данные по каротажу в процессе бурения LWD-121 и по комплексу АМК Горизонт в скважине. Диаметр скважины 155,6 мм. Сравняются данные гамма-каротажа, замера диаметра скважины, удельного электрического сопротивления по обоим методам, а также плотности пород и водородосодержания. На глубине 3045 м по данным LWD присутствует выброс по ГК. Это связано с частичной потерей сигнала прибора. Также в интервале (3145-3150) м данные ГК по комплексу АМК Горизонталь» завышены.

Это связано с образованием глинистой корки после проведения записи комплексом LWD. В интервале (3145-3170) м по высоким данным ГГКп, низким данным водородосодержания W и характерному цвету на имидже ГГК

LWD можно выделить большой высокоомный известняк. По кривым на данном планшете можно сделать вывод, что данные не отличаются. Отличие данных было зафиксировано на другой скважине из-за неправильной калибровки прибора АМК. Других причин различия данных не зафиксировано.

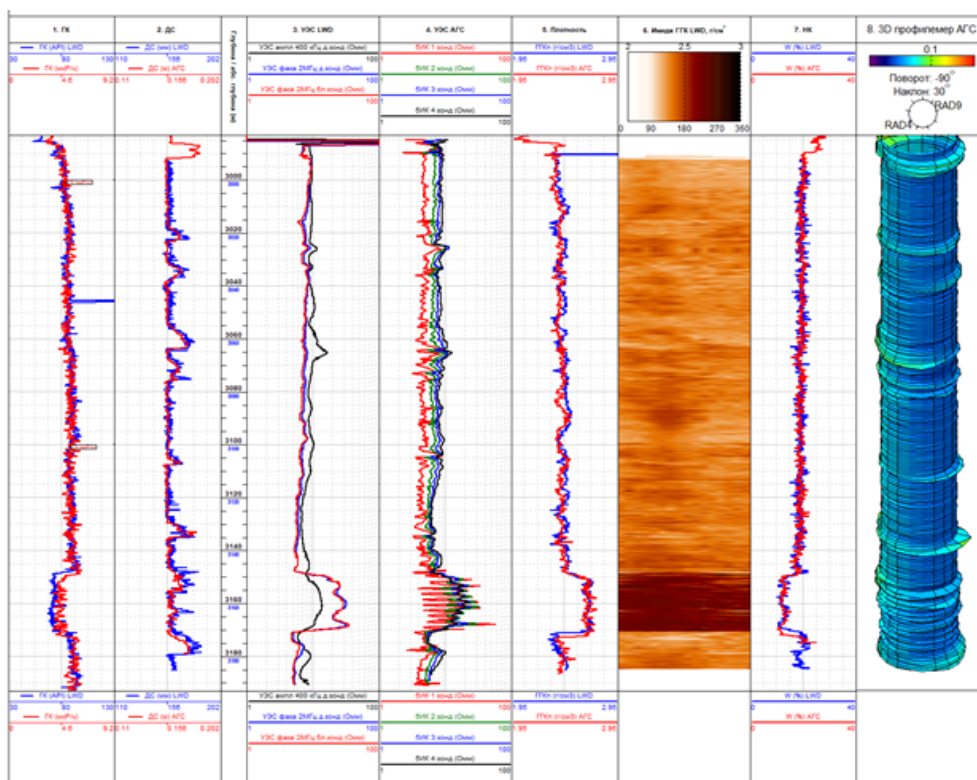


Рисунок 9 – Сравнение данных LWD и АМК-Горизонт

Выводы

Проанализирован вопрос важности геонавигации при бурении скважин, а также рассмотрено применяемое оборудование, его конструктив и особенности работы. А также изучены влияние магнитного поля земли при проведении работ и технологический процесс определения пространственного положения ствола скважины снятием замера инклинометрии.

Актуальность геонавигации с каждым днем повышается, так как увеличивается количество сложных к прокладке скважин, ведутся работы по достижению сложных целей, требуется разработка тонких продуктивных пластов. А также при бурении в новой местности геонавигация позволяет получать данные о составе горных пород, для применения их при дальнейшем проектировании скважин.

Так же применение современных комплексов MWD/LWD позволяет получать значительно больше технологической информации в ходе бурения для оптимизации режимов бурения, оперативного корректирования профиля скважины, для достижения максимально возможного уровня вскрытия пласта и избежания выхода в зоны ВНК, увеличения времени отработки забойного оборудования, снижения количества СПО, что экономит время при строительстве скважины, а также положительно сказывается с экономической точки зрения.

Список использованных источников:

- 1 Булатов А.И. Спутник буровика: в 2 кн. / А.И. Булатов, С.В. Долгов. – 2-е изд. – М.: Недра, 2014. – 21 с.
- 2 Кульчицкий В.В., Основы геонавигации. Сб. материалов семинара-дискуссии, г. Актюба, 2-3 декабря 1999. Казань, 2000, С. 93-106.
- 3 Булатов, А. И. Бурение горизонтальных скважин: справочное пособие / А.И. Булатов. — Краснодар: Издательство «Советская Кубань», 2008. — 419 с.
- 4 Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности. Утв. Приказом Ростехнадзора №534 от 15.12.2020. — 14 с.

Абдуллин А.Д., Эйюбова С.Т., Киямова А.М., Яркинбаева Ю.А. ©

2025