

## БУРЕНИЕ СКВАЖИН С БОЛЬШИМ ОТХОДОМ ОТ ВЕРТИКАЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РОТОРНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ ПРИ КОНТРОЛЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

**Шевченко И.А.,**

аспирант, Технический нефтегазовый институт  
Сахалинского государственного университета  
shev-vanya@yandex.ru

**Аннотация.** Появление управляемых роторных систем бурения пополнило арсенал усовершенствований, появившихся в нефтегазовой отрасли за последнее десятилетие. При этом технология управляемого роторного бурения продолжает развиваться. Новейшие системы управляемого роторного бурения облегчают бурение протяженных горизонтальных участков, обеспечивая полный контроль направления, возможность бурения в сложных условиях в рыхлых и неустойчивых породах. Кроме обеспечения возможности проведения сложных и специальных буровых операций, системы роторного управляемого бурения повышают эффективность обычных буровых работ передачей забойной информации на поверхность в режиме реального времени.

**Ключевые слова:** роторная управляемая система, скважина с большим отходом от вертикали, RCLS.

## DRILLING WELLS WITH A LARGE DEPARTURE FROM THE VERTICAL, USING A ROTARY-DRIVEN SYSTEMS WITH CONTROL GEOPHYSICAL PARAMETERS IN REAL-TIME

**I. Shevchenko,**

Sakhalin State University  
Technical Oil and Gas Institute

**Abstract.** The emergence of rotary drilling control systems replenished arsenal enhancements available in the oil and gas industry over the past decade. At the same time technology driven rotary drilling systems continues to develop. The newest rotary drilling control systems facilitates the construction of the long horizontal portions the well, providing full control of the direction, the possibility of drilling in difficult conditions in friable and unstable rocks. Besides providing possibility of holding complex operations and special drill, rotary steerable systems improve efficacy of conventional drilling operations by passing downhole information to the surface in real time.

**Key words:** rotary drilling control system, wells with a large departure from the vertical, RCLS.

**Т**ехнология бурения скважин с использованием роторных управляемых систем замкнутого цикла с обратной связью (англ. : Rotary Closed-Loop System, RCLS) впервые в промышленной практике была применена в 1996 г. Тем не менее, еще в конце 1990-х годов применение систем RCLS многими специалистами рассматривалось как ненадежная экзотическая технология, требующая непомерно больших затрат. Сегодня ситуация радикально изменилась благодаря осуществленным усовершенствова-

ниям систем RCLS, которые позволили обеспечивать высокие показатели механической скорости проходки и высокую надежность в работе. Исключительно важным достоинством систем RCLS является возможность управления движением долота при его непрерывном вращении.[2]

Весьма эффективным представляется использование систем RCLS для бурения скважин с большим отходом забоя от вертикали (9400 м и более) [1]. Обеспечиваемая проходка на долото достигает

4000 м, время работы долота на забое – более 300 часов.

Для характеристики принципа работы той или иной системы RCLS часто используются такие определения как управление траекторией движения долота и контроль нацеливания долота на объект бурения.

Наибольшее количество систем RCLS предлагают сервисные компании Baker Hughes INTEQ (10 систем), Halliburton Sperry Drilling (17 систем) и Schlumberger (9 систем). Заказчик имеет возможность выбора системы, наиболее приемлемой для данных условий бурения скважин БОВ [3].

В США на месторождении Алпайн Северного склона Аляски с использованием новых роторных управляемых систем было пробурено более 180 тыс. м, т.е. ~100 горизонтальных скважин. Диаметр ствола этих скважин был увеличен с 215,9 мм до 222,2 мм. Также использовались роторные управляемые системы бурения диаметром 120,6 мм и удлиненных долот диаметром 155,6 мм.

Почти 300 тыс. м было пробурено на Северном Склоне Аляски, используя роторные управляемые системы и удлиненные долота, что позволило успешно бурить скважины с большим отходом забоя от вертикали (БОВ) и установить рекорды по длине горизонтальных участков стволов скважин. На месторождении Алпайн [4, 5] использование таких скважин позволило увеличить извлекаемые запасы углеводородов и их добычу, а также уменьшить количество скважин, необходимых для разработки месторождения. В условиях моря это является большим преимуществом с точки зрения экологии.

На шельфе Аляски, где сейчас эксплуатируется 16 морских платформ, использование новой технологии бурения скважин БОВ позволяет существенно сократить их количество.

Среди известных месторождений Северного склона месторождение Алпайн отличается рядом особенностей: (1) оно представляет собой своего рода новое западное звено ведения добычи нефти на Северном склоне, граничащее с предполагаемой

будущей разведочной площадью Национального нефтяного резерва Аляски; (2) содержит нефть плотностью, 825-835 кг/м<sup>3</sup>; (3) является первым нефтяным месторождением, разработка которого будет осуществляться исключительно горизонтальными скважинами – на месторождении планируется пробурить 110 горизонтальных скважин; (4) разработка месторождения осуществляется на площади 38 га, составляющей всего 0,2% от общей площади, занимаемой месторождением (16000 га), что имеет исключительно важное значение с точки зрения охраны окружающей среды. Продуктивный пласт месторождения Алпайн представлен песчаником морского происхождения юрского периода. Средняя толщина продуктивного пласта – 15 м.

Глубина скважин в среднем составляла 2100 м, отход забоя от вертикали – от 2700 до более 6000 м. На месторождении добывали ~ 160 тыс. м<sup>3</sup> нефти в сутки

Сочетание использования новой роторной управляемой системы и удлиненного бурового долота специальной конструкции позволило создать новую систему Geo-Pilot, работающую в режиме нацеливания долота.

Основной концепцией при создании роторной управляемой системы являлась возможность обеспечения необходимого отклонения долота. Поскольку диаметр ствола пробуриваемых скважин изменяется от 222,2 до 469,9 мм, в большинстве типоразмеров роторных управляемых систем используют датчик, обеспечивающий компьютерное управление нацеливанием долота.

При бурении стволов скважин диаметрами 149,2 и 177,8 мм использовались небольшие типоразмеры роторных управляемых систем, в которых управление направлением долота осуществляется гидравлически с помощью четырех поршней, перемещение которых позволяет маневрировать положением четырех отклоняющих клиньев и четырех уклонов, чтобы точно направить инструмент. Преимуществом гидравлической системы является то, что она действует намного быстрее первоначально использовавшихся систем.

Строительство скважин БОВ на Аляске требует проведения особо точных магнитометрических и гирскопических измерительных операций. При большом количестве пробуриваемых скважин БОВ и выборе их расположения весьма важное значение имеет предупреждение пересечений стволов скважин.

Конструкция скважины БОВ предусматривает три основные секции. Кондуктор и эксплуатационную обсадную колонну цементируют, а горизонтальный ствол в зависимости от пластовых условий заканчивают либо с необсаженным забоем, либо с установкой хвостовика с щелевидными отверстиями.

Кондуктор Ø311,15 мм. Зарезка ствола – на глубине 91 м; темп набора кривизны – 2,5°/30 м с использованием забойного двигателя Ø228 мм с искривленным переводником (1,5°); система MWD со специальными программными средствами предупреждения пересечений стволов скважин. Бурение через зону многолетнемерзлых пород на глубину ~460 м; набор кривизны до достижения требуемого зенитного угла на глубине спуска 244,5-мм обсадной колонны 730 м.

Промежуточная колонна Ø222,25 мм. Сохранение зенитного угла до фактической глубины по вертикали 1860 м. Бурение с применением управляемой роторной системы и удлиненного четырехлопастного долота, двух расширителей и

систем MWD и LWD с наддо-лотным гамма-каротажным зондом, зондами каротажа сопротивления и измерений давления в процессе бурения. При темпе набора кривизны 30/30 м с фактической глубины по вертикали 1860 м бурение ствола до горизонтального вхождения в целевой горизонт на фактической вертикальной глубине 2134 м и места спуска 177,8-мм обсадной колонны.

Ствол Ø155,6 мм. Проводка горизонтального ствола, используя роторную управляемую систему с долотом PDC (FSF2553), системами MWD и LWD с наддолотным гамма-каротажным зондом, зондами каротажа сопротивления и измерений давления в процессе бурения. С глубины установки 177,8-мм обсадной колонны сохранение ориентации по азимуту и проводка бокового горизонтального ствола длиной 1500-2440 м.

Новая технология применения роторных управляемых систем обеспечивает возможность бурения стволов большей длины и точного их вхождения в разрабатываемый пласт. На одной из скважин (CD2-02), например, отход забоя от вертикали составил ~3000 м при длине ствола 5760 м (рисунок 1).

Был достигнут мировой рекорд проводки ствола скважины длиной 4823 м одним 222,2 мм долотом за 105,56 часа при средней механической скорости проходки 45,7 м/час.

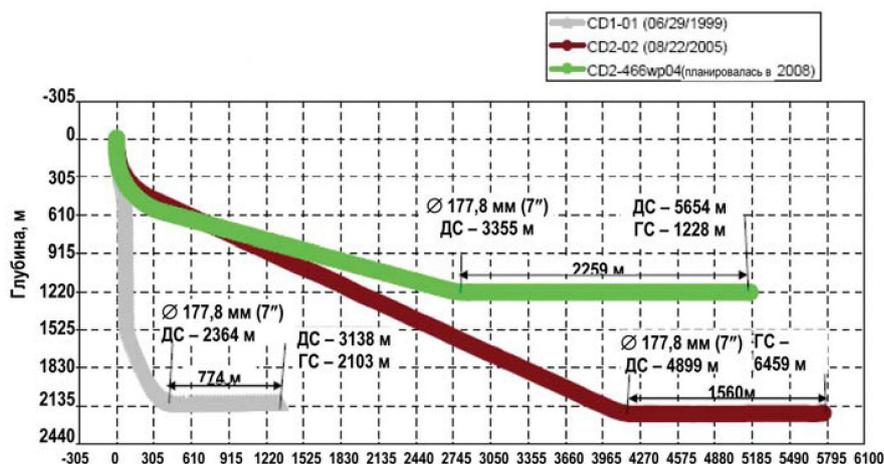


Рис. 1. Профили горизонтальных скважин, пробуренных в разное время на месторождении Алпайн. ДС – длина ствола; ГС – глубина ствола.

Бурение было начато на измеренной глубине ствола 1073 м (при фактической глубине по вертикали 729 м) и завершено на глубине 5897 м (при фактической глубине по вертикали 2382 м). Прежний рекорд проводки ствола одним долотом был превышен на 1098 м.

Роторные управляемые системы уменьшенных типоразмеров впервые на месторождении Алпайн были применены в ноябре 2004 г. К январю 2007 г. такие системы использовались 115 раз, с их применением было пробурено более 91 тыс. м в скважинах диаметрами 155,6 мм и 171,4 мм, т.е. две трети метража, пробуренного в мире с использованием роторных управляемых систем. Наибольшая проходка одним пятилопастным стальным долотом составила 2745 м за 5 суток вместо запланированных 13 сут. при рекордной длине ствола 3202 м.

При бурении за один рейс ствола рекордной длины 3202 м использовалась роторная управляемая система, работающая в режиме нацеливания долота, в компоновке с пятилопастным стальным 155,6-мм долотом. Рекордная проходка составила 650 м за 24 часа, в то время как ранее этот показатель обычно в среднем составлял 584 м в сутки. Увеличение механической скорости проходки составило 44%: 30 м/час по сравнению с 20,7 м/час. Экономия затрат составила \$1,8 млн.

Результаты проведенного анализа показателей буровых работ свидетельствуют, что, используя ротор-

ные управляемые системы, затраты времени в строительстве скважин БОВ могут быть сокращены на 2-4 суток по сравнению с затратами времени в расчете на скважину при использовании забойных двигателей в аналогичных условиях. Экономия капитальных затрат может составлять до \$ 0,5 млн./скв., когда каждая секция ствола бурится за один рейс. Интеграция обычно раздельно выполняемых операций в единый комплекс способствует более рациональному ведению буровых работ, позволяет выполнять проводку более протяженных стволов скважин, сокращать время, затрачиваемое на бурение скважин. Компетентное и успешное внедрение новой технологии строительства скважин в повседневную промышленную практику разработки месторождения Алпайн убедительно подтверждает целесообразность применения этой технологии также при разработке двух новых месторождений-сателлитов Алпайн.

Таким образом технология роторных управляемых систем малых типоразмеров эффективно применима при строительстве морских скважин в частности как на Аляске так и в других нефтегазовых регионах мира. Строительство скважин БОВ с использованием роторных управляемых систем может успешно осуществляться при доразработке месторождений с ограниченными запасами с уже действующих морских платформ.[6,7]

### Список литературы

1. Эскин М.Г. О возможности бурения скважин с помощью винтовых объемных забойных двигателей и долот высокой моментоемкости. НТИС Серия «Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море» М., ВНИИОЭНГ, 1992 №9-10;
2. Rotary Steerable Drilling Systems Directory. Offshore, April 2009, pp. 84-89
3. SPE 87168. U.Hahne, G.Risdal, J.Ruszka, L.S.Wahlen. Integrated BHA concept of the latest generation rotary closed-loop system for hole sizes from 5 7/8" to 18 j". Paper pre-sent-ed at thw IADC/SPE Drilling Conference held in Dallas, Texas, U.S.A., 2-4 March 2011;
4. R.Vigheto, M.Naegel, E.Pradie. Teamwork, downhole technology expedites Tierra del Fuego operations. Oil & Gas Journal, June 7, 1999, pp. 60-65
5. R.Vigheto, M.Naegel, E.Pradie. Total drills extended-reach record in Tierra del Fu-ego. Oil & Gas Journal, May 17, 1999, pp. 51-52, 54-56;
6. Oil Review Autumn 2012;
7. Top 20 Extended Reach wells worldwide. KCA Deutag, February 9, 2011.