

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А. И. Макаров

Научный руководитель ассистент Ю.А. Максимова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация. Научная работа представляет собой широкий анализ тенденций развития наклонно-направленного бурения в Западной Сибири. Сформулированы основные этапы развития и наметившиеся к настоящему моменту направления развития, как в области техники, так и технологии. Описаны основные проблемы, которые препятствуют ускоренному развитию внедрения современных технологий направленного бурения в Западной Сибири.

Abstract. The scientific work is presented in the form of a broad analysis of trends in the development of directional drilling in Western Siberia. The basic stages of development and emerging to date development trends, both in art and technology. The basic problems that hinder the rapid development of introduction of modern technologies of directional drilling in Western Siberia.

В современных условиях, связанных с преодолением последствий финансового и экономического кризиса, актуальны вопросы, направленные на сокращение затрат при строительстве скважин. Нефтяные и газовые месторождения Западной Сибири разрабатываются с помощью наклонных и горизонтальных скважин. Профили тех и других содержат протяжённые по длине тангенциальные участки, бурение которых осуществляется по двум технологиям. Первая, традиционная, основана на применении неориентируемых компоновок (НК). Вторая технология предусматривает бурение комбинированным способом всей скважины компоновкой, содержащей винтовой забойный двигатель-отклонитель (ВЗДО), управляемый с помощью телесистемы.

Многие буровые предприятия идут на дополнительные затраты средств и времени, связанные с эксплуатацией дорогостоящих систем и управлением ВЗДО, и применяют данную технологию при бурении всех скважин, включая простые, с трёх-четырёх интервальным профилем, по причине отсутствия до настоящего времени надёжных неориентируемых компоновок. В современных условиях особенно важно снизить затраты на строительство скважин, в данном случае за счёт создания простых, дешёвых и надёжных НК, и закрепить за ними приоритет в части бурения тангенциальных, или близких к ним, участков наклонных и любых других скважин. При бурении горизонтальных участков в пласте также имеются перспективы использования НК, включающих, например, гидравлические центраторы, или самоориентирующиеся отклонители, в сочетании с простыми средствами контроля за параметрами скважины.

Можно выделить две основные причины отсутствия в настоящее время эффективных НК. Первая состоит в том, что скоординированные и финансируемые научно-исследовательские работы по неориентируемым компоновкам в течение многих последних лет не проводились. Другая причина связана с недостатками существующих подходов к расчётам и проектированию НК. Созданы двумерные и пространственные, кинематические и статические модели искривления скважины и напряженно-деформированного состояния низа бурильной колонны, но в них не учитывается то, что значения параметров модели могут не соответствовать реальным условиям в скважине и в действительности они являются случайными, неизвестными величинами. Другими словами, необоснованно применяется детерминированная модель. Следствием этого является расхождение получаемых теоретически результатов с промысловыми данными и ненадёжность проектируемых компоновок.

За последние годы на нефтяных и газовых месторождениях Западной Сибири получил широкое распространение комбинированный способ направленного бурения скважин с использованием винтового забойного двигателя-отклонителя (ВЗДО) и телеметрических систем [2-5].

В Западной Сибири применяются в основном телесистемы зарубежных фирм - Halliburton (Sperry Sun Drilling), Schlumberger (Anadrill) и др. Отечественные системы (например, ЗИС-4) менее надежны.

Исследованиями С.И. Грачёва установлены причины быстрого износа зарубежных телесистем с гидравлическим каналом связи, которые при бурении пологих и горизонтальных скважин являются элементом с низкой надёжностью [6]. Усовершенствована отечественная система ЗИС-4 с электромагнитным каналом связи [6].

Бурение комбинированным способом производится в двух режимах: с вращением бурильной колонны (20-40 об/мин) и без вращения (режим скольжения, или «слайдирования»). При вращении ВЗДО (т.е. искривленной КНБК) сокращается срок службы двигателя-отклонителя и долота из-за резко возрастающих динамических нагрузок на долото и радиальные опоры двигателя [7]. По указанной причине при бурении в восточных районах страны (ОАО «Сургутнефтегаз») комбинированный способ бурения оказался малопригодным.

А.С. Повалихин и О.К. Рогачев провели исследования процесса управления двигателем-отклонителем [8]. При большой длине бурильной колонны её угол закручивания может достигать нескольких оборотов. Положение ВЗДО неустойчиво, скорость его поворота достигает 12 град/мин, угол отклонения от заданного положения может превышать 60° . Во время восстановления ориентации ВЗДО бурение производится в направлении, не совпадающем с проектным азимутом, при этом образуются локальные искривления и уступы в стенке скважины [9, 10]. Вращение искривленной компоновки приводит к возрастанию боковой реакции на долоте почти в два раза, причём нагрузка носит ударный характер [10].

При определённом сочетании некоторых факторов может произойти «выпучивание» бурильной колонны и её заклинивание при дальнейшем увеличении осевой нагрузки [11, 12]. Ориентируемый отклонитель - возможный источник аварий и осложнений [13]. В.И. Близнюков отмечает и другие недостатки системы наклонно-направленного бурения с управляемым ЗД (забойным двигателем) [14].

Авторы [8] пришли к выводу, что телесистемы с гидравлическим каналом связи (например, «Sperry Sun») в этих условиях неэффективны, так как не могут передать информацию с забоя с нужной скоростью. По их мнению, при бурении в пласте малой мощности нужно максимально сокращать управление ВЗДО с поверхности с помощью бурильной колонны.

Вращение бурильной колонны приводит и к возрастанию нагрузки на бурильные трубы, поэтому ведутся работы по созданию ВЗДО, позволяющего режим бурения с вращением осуществлять без вращения всей бурильной колонны [15]. Разработке ВЗД (винтового забойного двигателя) с вращающимся корпусом посвящена работа [16]. В этом направлении есть альтернативные решения, основанные на применении НК, управляемых с поверхности, но не требующих ориентирования.

Несмотря на отмеченные недостатки, многие буровые предприятия в Западной Сибири применяют данную технологию при бурении наклонно-направленных скважин трёх-четырёх интервального профиля. Сложившуюся ситуацию объясняют слова С.Н. Бастрикова: снижение вложений в отечественную науку ведёт к необходимости приобретать зарубежные технические средства, технологии, материалы...единой

технической политики нет, каждая компания идёт своим путём...промысловая информация, как правило, закрыта [17]. В.И. Миракян, В.Р. Иоанесян и др. отмечают отсутствие у технологических служб буровых предприятий четкой концепции применения тех или иных технических средств контроля (т.е. телесистем) [18].

В Западной Сибири пробурены тысячи наклонных скважин с применением неориентируемых компоновок. Они просты, имеют низкую стоимость, в ряде случаев могут обеспечить более высокие ТЭП (техничко-экономические показатели) за счёт сокращения времени бурения и затрат на долота и забойные двигатели. Неориентируемые компоновки перспективны при бурении прямолинейных участков любых скважин [19]. Для некоторых месторождений Западной Сибири целесообразно применение J-образных профилей с вскрытием продуктивного пласта под углом (например, Таб-Яхинская и Ен-Яхинская площади Уренгойского ГКМ). Имеется опыт применения НК при бурении таких скважин [20]. Они могут применяться и на горизонтальных участках в продуктивном пласте [21, 22], но в этом случае целесообразно применение ОЦЭ с переменным диаметром [19].

По данным С.Н. Бастрикова в некоторых УБР в 1985 г. число скважин, не попавших в круг допуска, не превысило 3 % [17]. Но этот результат достигнут, благодаря высокой квалификации исполнителей, а не вследствие надёжной работы компоновок. Типовая стабилизирующая компоновка была создана в 70-е годы. Расчёты и рекомендации по её применению приведены в «Инструкции по бурению наклонных скважин с кустовых площадок на месторождениях Западной Сибири», вышедшей в 1986 году, явившейся руководящим документом при проектировании проводки наклонных скважин в Западной Сибири. Научными работами в области наклонного бурения руководил Л.Я. Сушон, представитель Азербайджанской школы М.П. Гулизаде. Как в инструкции, так и в его монографии, вышедшей в 1988 году, компоновка рассматривается, как многопролётная, статически неопределимая балка, и решается с использованием уравнений трёх моментов. Согласно полученным результатам центратор должен устанавливаться на 1,5-2 м от долота, т.е. на корпусе шпинделя, но поскольку сделать это затруднительно, его стали располагать в ниппельной части, т.е. ближе к долоту, применяя при этом полноразмерный калибратор. Хорошо известно, что калибраторы без центратора применяются, при необходимости, в компоновках для увеличения зенитного угла, т.е. в качестве опорно-центрирующего элемента (ОЦЭ). По расчетам в типовой стабилизирующей компоновке с ниппельным центратором СТК калибратор также выполняет функцию ОЦЭ, а СТК полностью разгружен, так как расположен близко от калибратора. Это подтверждается на практике.

При подробном изучении работы компоновок с калибратором оказалось, что, если последний расположен непосредственно над долотом, её работа нестабильна, а все расчетные характеристики, определяющие качество компоновки, находятся на низком уровне. Другими словами, основная стабилизирующая компоновка, - это вариант (неудачный) компоновки с калибратором, без переводника, для увеличения зенитного угла, не способной выполнять и эту функцию. В данной статье показано, что есть два возможных варианта модификации такой компоновки. Можно оставить СТК на ниппеле, но уменьшить диаметр калибратора, до значения, не превышающего критическую величину. Ожидаемый по расчетам результат - достаточно стабильное малоинтенсивное увеличение зенитного угла. Это положение подтвердилось на практике. По второму варианту полноразмерный калибратор остаётся непосредственно над долотом, а центратор устанавливается между шпинделем и нижней секцией турбобура. Получается стабилизирующая одноцентраторная компоновка,

обеспечивающая равенство нулю реакции на долоте. К сожалению, в течение многих последних лет исследовательские работы по неориентируемым компоновкам в Западной Сибири, если и выполнялись, то в незначительном объеме. В итоге, компоновка НК-СТК (типовая стабилизирующая компоновка с полноразмерным наддолотным калибратором и ниппельным центратором) не могла составить конкуренцию новой технологии направленного бурения, так как скважина - объект дорогостоящий, и случайности должны быть исключены. Возможности создания надёжных неориентируемых компоновок есть, но они на сегодня не реализованы, качество НК может быть существенно повышено, что и показано в данной работе.

Литература

1. Гречин Е.Г. Проектирование технических средств для бурения искривленных скважин: учебное пособие / Е.Г. Гречин, В.П. Овчинников. - Тюмень: Издательско-полиграфический центр «Экспресс». - 2010. - 210 с.
2. Кульчицкий В.В. Геонавигационные технологии проводки наклонно направленных и горизонтальных скважин. - М.: «ВНИИОЭНГ», 2000. - 351 с.
3. Калинин А.Г. Естественное и искусственное искривление скважин: Учеб. пособие для вузов / А.Г.Калинин, В.В. Кульчицкий; Рец.: каф. бурения нефтяных и газовых скважин РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, д-р техн. наук, профессор В.И. Крылов. - М. - Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2006. - 640 с.
4. Кульчицкий В.В. Технология высокоточного и скоростного строительства наклонно направленных скважин / В.В. Кульчицкий, Г. А. Григашкин, А.А. Усманов, А.Н. Сапожников // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 1999. - № 4/5. - С. 7 - 12.
5. Прохоренко В.В. Технология бурения горизонтальных и боковых стволов двигателем-отклонителем // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 2007. - № 11. - С. 2 - 4.
6. Грачёв С.И. Теоретические и прикладные основы строительства пологих и горизонтальных скважин на сложнопостроенных нефтяных месторождениях: Дис д-ра техн. наук: 05.15.10. - Тюмень, 2000. - 316 с.
7. Прохоренко В.В. Компоновки низа бурильной колонны для бурения наклонно-направленных и горизонтальных скважин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 2006. - № 6. - С. 10 - 14.
8. Повалихин А.С. Управление двигателем-отклонителем и телеметрическое сопровождение направленного бурения / А.С. Повалихин, О.К. Рогачев // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 2006. - № 3. - С. 6 - 9.
9. Повалихин А.С. Вопросы проводки тангенциального интервала субгоризонтальной скважины / А.С. Повалихин, Ф.Ф. Ахмадишин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 2005. - № 2. - С. 14 - 16.
10. Повалихин А.С. Направленная проводка скважины забойным двигателем-отклонителем - альтернативные решения - 55 лет ВНИ- ИБТ // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 2008. - № 11. - С. 3 - 5.
11. Барский И.Л. Продольный изгиб бурильной колонны и выбор траектории бурения горизонтального ствола / И.Л. Барский, А.С. Повалихин, В.Г. Глушич, А.В. Козлов // Бурение. - 2001. - № 6. - С. 14 - 17.
12. Барский И.Л. Устойчивость бурильной колонны при бурении горизонтальных скважин и оперативное управление траекторией ствола / И.Л. Барский, А.С. Повалихин, А.М. Гусман, В.Г. Глушич // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 2003. - № 4. - С. 2 - 5.
13. Михарев В.В. Строительство кустовых направленных скважин: Монография / В.В. Михарев, В.Ф. Буслаев, Н.М. Уляшева, Ю.Л. Логачев. - Ухта: «Региональный Дом печати», 2004. - 228 с.
14. Близнюков В.Ю. Основные направления развития технологии бурения в период до 2010 года // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 2002. - № 1. - С. 3 - 6.
15. Балденко Д.Ф. Управляемая компоновка для наклонно направленного и горизонтального бурения / Д.Ф. Балденко, Т.Н. Чернова // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 1999. - № 11/12. - С. 21 - 24.
16. Овчинников В.П. Совершенствование технологии бурения скважин с горизонтальным окончанием на месторождениях Севера Тюменской области / В.П. Овчинников, М.В. Двойников, А.Л. Каменский // Бурение и нефть. - 2006. - № 11. - С. 15 - 17.

17. Бастриков С.Н. Строительство скважин с кустовых площадок на нефтяных месторождениях Западной Сибири: Монография. - Тюмень: «Вектор Бук», 2000. - 252 с.
18. Миракян В.И. Новые разработки в области контроля и управления наклонно-направленным бурением / В.И. Миракян, В.Р. Иоанесян, В.Н. Шукин, Е.Я. Лапига // Бурение. - 2002. - № 1. С. 8 - 12.
19. Прохоренко В.В. Отклоняющие и стабилизирующие турбинные КНБК для бурения направленных скважин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 2007. - № 1. - С. 21 - 23.
20. Сафиуллин М.Н. Опыт бурения наклонно-направленных скважин с малоинтенсивным набором кривизны / М.Н. Сафиуллин, А.П. Захарченко, В.В. Кульчицкий // Нефтегазовая геология, геофизика и бурение. - 1984. - № 10. - С. 24 - 27.
21. Оганов С.А. Проектирование параметров профиля горизонтальной скважины в пределах продуктивного пласта / С.А. Оганов, А.В. Перов, Г.С. Оганов, В.В. Прохоренко, Н.Ф. Пронин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 1999. - № 11/12. - С. 12 - 16.
22. Оганов А.С. Искривляющие оптимальные КНБК для горизонтального бурения / А.С. Оганов, А.С. Повалихин, К.М. Солодкий // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 1997. - №1. - С. 13 - 16.

АНАЛИЗ ОПЫТА ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЗИНЫ ЭЛАСТОМЕРОВ ВИНТОВЫХ ЗАБОЙНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В.В. Мельников

Научный руководитель старший преподаватель А.В. Епихин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация. Научная работа посвящена изучению опыта исследований влияния температуры на характеристики резины эластомеров винтовых забойных двигателей. Определено, что температура оказывает серьезное негативное влияние на эластомер, что в совокупности с механическим действием ротора в присутствии промывочной жидкости приводит к ускорению преждевременного выхода из строя двигателя. Информационный анализ позволил выявить рекомендуемые альтернативные материалы для использования в качестве эластомеров.

Abstract. The scientific work is devoted to studying the experience of studies of the effect of temperature on the characteristics of rubber elastomers screw downhole motors. It was determined that the temperature has a serious negative impact on elastomer, which in combination with the mechanical action of the rotor in the presence of a mud leads to acceleration of premature failure of the motor. Information analysis revealed a recommended alternative materials for use as elastomers.

Винтовые забойные двигатели (ВЗД) относятся к машинам объёмного (гидростатического) действия. Отличие ВЗД от других типов гидравлических забойных двигателей заключается в использовании в качестве рабочих органов многозаходного винтового героторного механизма, который представляет собой цилиндрическую планетарную зубчатую передачу внутреннего зацепления, включающую статор и ротор. Стальной статор внутри имеет привулканизированную резиновую обкладку с винтовыми зубьями левого направления. На стальном роторе, с хромированным покрытием, нарезаны зубья также левого направления. Число зубьев ротора на единицу меньше числа зубьев статора. Специальный профиль зубьев ротора и статора обеспечивает их непрерывный контакт между собой, образуя на длине шага статора единичные рабочие камеры [1].

Одной из сложных технических задач является обеспечение надежной работы винтового забойного двигателя при высоких температурах, существующих в скважинах. Забойные температуры могут достигать огромных величин, так например, в