

ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БУРЕНИЯ

Макаров А.А.¹, Давышин А.С.², Федяев А.А.³, Шечков А.М.⁴, Петросян Г.Г.⁵,
Гулиян К.А.⁶

¹Макаров Арсений Андреевич – студент;

²Давышин Алексей Сергеевич – студент;

³Федяев Алексей Алексеевич – студент;

⁴Шечков Александр Михайлович – студент;

⁵Петросян Георгий Габриелович – студент;

⁶Гулиян Кристина Арменовна – студент,

факультет автоматизации и вычислительной техники,

Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина,

г. Москва

Аннотация: горизонтальному бурению скважин отводят важное место в области добычи ценных энергетических ресурсов. Эта технология позволяет добывать нефть из труднодоступных мест, а также разрабатывать сложные участки пород. В представленной статье описываются: особенности горизонтальных скважин, применение способа горизонтального бурения, а также специфика управления в горизонтальном бурении скважин.

Ключевые слова: бурение нефтяных скважин, горизонтальное бурение, технология горизонтального бурения, современные технологии, бурение.

В конце прошлого столетия бурение горизонтальных скважин развивалось довольно быстро по всему миру. Чуть позже этот бум дошёл и до Российской Федерации. Были созданы различные конструкции и виды горизонтальных, многозабойных, разветвлённо-горизонтальных скважин. Эффективность горизонтальных скважин оценивается в основном увеличением текущих отборов нефти по сравнению с обычными вертикальными скважинами и реже увеличением коэффициента извлечения нефти [1, с. 146]. Показатели по увеличению дебитов горизонтальных скважин в сравнении с вертикальными довольно высоки во всём мире: от 2-5 и до 10, а в некоторых случаях даже до 20 раз. Это объясняется различными геологическими условиями, в которых применяется горизонтальное бурение. Чем условия сложнее, тем относительный рост добычи нефти при горизонтальных скважинах будет выше, чем при вертикальных скважинах.

Применение технологии горизонтального бурения сдерживалось долгое время из-за больших затрат и сложности процесса по сравнению с вертикальным бурением. Считают, что в настоящее время нет альтернативы горизонтальным скважинам, так как бурение вертикальных и наклонных скважин, даже с применением методов увеличения нефтеотдачи, позволяет извлечь лишь 40-50% балансовых запасов. Из опыта горизонтального бурения было установлено, что средняя стоимость 1м горизонтальной скважины в 1,5 раза превышает стоимость 1м вертикальной скважины, при этом дебит скважин увеличивается в 3-5 раз. Горизонтальные скважины могут увеличить конечную нефтеотдачу тонких нефтяных пластов с газовой шапкой в 2-3 раза. При этом коэффициент нефте-извлечения можно довести до 25-30% против 5-15% при использовании только вертикальных скважин [2, с. 5].

Бурение горизонтальных скважин имеет ряд особенностей, которые уравнивают влияние такого способа на экологию. К ним относятся:

- бестраншейное строительство - один из технических методов, позволяющий вести работу возле высоковольтной линии электропередач, в жилищном массиве или около дорожной развязки;
- для сокращения временных затрат при бурении горизонтальных скважин оптимально использовать комплексное оборудование, поскольку при этом объем рабочей силы невелик, как и количество привлеченной к работе техники. Кроме того, в этом случае не нужно проводить действия по снижению уровня грунтовых вод, если они залегают слишком высоко;
- немалую роль играет финансовый вопрос: сокращение рабочего процесса ведет к уменьшению сметы, которая закладывается при планировании скважины. Использование высокотехнологичных устройств способствует минимизации затрат;
- с общественной и экологической точки зрения подобные разработки полезных ископаемых не наносят ущерба или неудобств людям, постоянно проживающим в районе нефтедобычи.

К тому же, горизонтальные скважины используются для увеличения нефтеотдачи пласта, особенно с применением термических методов воздействия на пласт. Горизонтальная скважина обеспечивает большую область контакта с коллектором и поэтому повышает приемистость нагнетательной скважины. Это особенно выгодно в тех случаях увеличения нефтеотдачи, когда приемистость является проблемой [3, с. 53].

Данный способ бурения не только способствует увеличению количества добываемой нефти с уже эксплуатируемых месторождений. Он также позволяет с успехом разрабатывать участки, работа на которых при бурении обычной скважины считается непродуктивной и нерентабельной.

Горизонтальное бурение приносит успех в ряде случаев: неисправность бурового оборудования; месторождение нефти, расположенное в труднодоступной части для обычной технологии работы; добыча нефти, залегающей на дне крупного водоема (океан или море).

Например, поломки бура могут происходить из-за залегания особо твердых пластов на пути к месторождению. Также бур может заклинить на месте разработки, и извлечь из горной породы его уже невозможно. Чтобы продолжить разработку и одновременно обойти слишком прочный слой, можно применить бурение горизонтальной скважины под углом или параллельно.

Также традиционное бурение скважины заменяется технологией горизонтальной прокладки из-за сложного рельефа, близкого расположения к водоему. Кроме того, такой метод дает возможность быстрее и легче достичь нужного слоя породы и выбрать наиболее комфортное место для извлечения нефти. В случае если нефть находится на океаническом или морском дне, горизонтальное бурение потребует минимальных затрат, в то время как обычная технология требует установки морской платформы, что обойдется весьма недешево. Таким же образом можно устраивать подземные хранилища нефти.

Важным моментом является управление оборудованием в процессе бурения, поскольку сам бур находится на удалении. Горизонтальная технология требует тщательного контроля во избежание плачевных последствий. В работе используется система локации, воплощающая функцию контроля процессов. Система представляет собой специальный зонд, который находится в головке бура. Синхронизация действий зонда происходит посредством специальной техники, и оператор регулирует эти действия, находясь на поверхности земли.

Среди прочих действий зонд отмечает, под каким углом производится бурение горизонтальных скважин в данный момент, а получаемые сведения отправляются на прибор, с помощью которого оператор производит управление системой. Специалист также отслеживает количество оборотов устройства, температурный режим головки бура. Чем более оперативно сведения будут поступать на пульт, тем выше вероятность, что опасные ситуации будут предусмотрены вовремя.

Процесс горизонтального бурения проводится с применением комплексных установок, и в их состав обычно включены следующие конструктивные части: рама; лафет; кузовная часть; ходовая система установки (она может быть на колесах или гусеницах); гидроустановка; энергостанция; пульт управления; дизельный мотор; система подачи штанг.

Классификация бурового оборудования может зависеть от предела протяжки, и этот показатель измеряется в тоннах. Также важную роль играет диаметр расширения и длина ствола: эти значения измеряются в максимальных пределах. Второстепенные данные служат для более полной характеристики качеств используемой в работе техники: это радиус изгиба штанговых колонн. Этот показатель позволяет узнать силу перемены траектории, которая может потребоваться при первичном бурении, а также затратами раствора для формирования стабильной горизонтальной скважины. Все эти показатели позволяют провести работу наиболее эффективно и безопасно.

Итак, бурение горизонтальных скважин - одно из важнейших направлений технического прогресса в области бурения нефтяных и газовых скважин. Наиболее целесообразным может оказаться применение данной технологии при разбурировании месторождений континентального шельфа за счёт уменьшения количества платформ.

В современном бурении высокими темпами развиваются различного рода технологии, которые направлены на повышение технико-экономических показателей, профилактики различного рода аварий и осложнений. Причиной работы в данном направлении также является и общее ухудшение геологических условий сооружения скважин, а также увеличения доли трудноизвлекаемых углеводородов. Одной из перспективных технологий в последнее время является сооружение скважин бурением на обсадных трубах.

Бурение по обсадной трубе используется в тех случаях, когда сооружение скважины происходит в неустойчивых (сыпучих или увлажненных) породах или с прослойками такой породы. Защита боковых стенок скважины осуществляется инвентарной обсадной трубой, оснащенной башмаком – «коронкой», укрепленной твердым сплавом. Чаще используется опережающее бурение, когда шнек бурит скважину, опережая обсадную трубу на 0,5-1 метр, после чего труба осаживается с вращением, либо залавливается зажимным хомутом. По достижении заданной глубины бурения, шнековая колонна извлекается из скважины. В скважину, находящуюся под защитой инвентарной обсадной трубы, подается раствор, погружается каркас, после чего обсадная труба извлекается.

Первый опыт бурения скважины с использованием обсадных труб был в конце 1970-х годов в Советском Союзе. Смена долота и забойного двигателя без подъема труб впервые в мире была осуществлена в СССР (разработка ВНИИБТ, Москва). Но в последнее время особого успеха в сооружении скважин с применением данной технологии достигли именно зарубежные компании, такие как

Weatherford и Tesco, которые имеют на данный момент и богатый опыт работы на территории России (ХМАО).

Основной причиной применения данной технологии все же можно назвать ухудшение общих горно-геологических условий бурения. По мере старения пласта в процессе эксплуатации скважин появляется все больше осложнений - от истощённых пластов с переменным давлением до проблем со стабильностью ствола скважины. Борьба с этими осложнениями увеличивает общее время бурения скважины на 10-20 процентов. Кроме того, традиционные методы борьбы с потерей циркуляции, такие как присадки к буровому раствору, закачка цементных пробок, цементирование и смолы, могут потребовать дополнительное время, окажутся дорогостоящими и часто еще и неэффективными.

Помимо геологических проблем можно выделить и технологические предпосылки применения описываемой технологии. Спускоподъемные операции бурильных труб вызывают перепады давления и эффект свабирования в стволе скважины. Перепады давления могут привести к потере циркуляции из-за разрыва проницаемых или трещиноватых пластов. Снижаемое с помощью свабирования давление в стволе скважины может потенциально затянуть пластовые жидкости в ствол скважины и вызвать неустойчивость ствола. Обе эти проблемы могут потребовать значительных затрат времени и финансовых средств.

Система бурения обсадными трубами DwC предлагает одну из нескольких альтернатив. Эта система устраняет необходимость выполнения СПО и использования КНБК, что, в свою очередь, ускоряет процесс бурения и снижает риск постоянного нахождения обсадной колонны на забое или около него. Система бурения обсадными трубами DwC упрощает конструкцию скважины, потенциально уменьшая диаметр кондуктора.

Области применения технологии бурения обсадными трубами:

- Диапазон условий применения - от очень мягких верхних пород и до глубоких эксплуатационных нефтегазовых коллекторов;

- Бурение направляющей колонной или кондукторами за одну СПО, что сокращает время простоя; Бурение обсадной колонной через осложненные интервалы, такие как зоны потери циркуляции, переходные зоны и неустойчивые породы;

Бурение хвостовиком через осложненные интервалы;

- Бурение и одновременная установка цементных мостов в обсадной колонне, или использование других средств для изоляции зон с потерей циркуляции, переходных зон или в условиях неустойчивости ствола скважины;

- Расширение обсадных труб или хвостовиков в условиях неустойчивости ствола скважины, повышенной каверзности пласта или в сильно набухающих и/или подвижных породах.

- Преимущества при бурении обсадными трубами:

Уменьшает время простоев на графике бурения и сводит к минимуму затраты времени на борьбу с осложнениями в скважине (борьба с поглощением раствора или нестабильностью ствола скважины);

Ускоряет выполнение программы бурения, как правило, на 30% и более, за счёт сокращения затрат времени на борьбу с осложнениями в скважине и уменьшения числа СПО на бурильной трубе и кабеле, а также соответствующего количества часов на промывку;

Обеспечивает качественную очистку скважины с практически постоянной циркуляцией (непрерываемой для проведения СПО);

Требуемое оборудование для проведения технологических операций бурением на обсадных трубах:

1. Наземная часть:

- 1.1. Верхний привод;

- 1.2. Система захвата и удержания обсадной трубы верхним приводом (как частный случай, использование специальной системы приема обсадных труб с мостков);

2. Подземная часть:

- 2.1. Буровой башмак - разбуриваемое долото;

- 2.2. Извлекаемая КНБК (с наличием телеметрической системы в составе для пространственной ориентации ствола, обратного клапана, центра - тора/стабилизатора, приводной системы для передачи крутящего момента к обсадной колонне от верхнего привода);

- 2.3. Оснастка колонны.

В последние годы в мировой практике бурение с обратной циркуляцией является наиболее распространенным методом разведки и способом бурения в осложненных условиях. В сочетании с различными инструментами, включая использование погружных пневмоударников (ПП), это идеальный способ получения чистого образца при высокой скорости бурения и низких издержках. Обстоятельства, которые способствовали появлению и дальнейшего совершенствования этого метода бурения, возникли при бурении верхнего слоя осадочных пород и четвертичных отложений. Бурение в таких породах

возможно лишь с использованием постоянной обсадной скважины, что значительно сдерживало скорость их проходки и усложняло буровые работы.

Используя все преимущества, которыми обладает двойная колонна, можно сконструировать снаряд, который бы центрировался в наружной колонне, разбуривал скважину до диаметра большего, чем обсадная труба, и по завершению бурения извлекался из скважины вместе с коронкой. При этом наружная колонна, оставляемая в скважине, служила бы в качестве обсадной. Для достижения этой цели наиболее удачно подходит решение фирмы Sandvik Coromant [1], использующей коронку для пневмоударника с эксцентриковым расширителем.

Для двойной колонны труб этот способ может быть успешно реализован, если правильно рассчитать соотношение кинематических и геометрических параметров обсадной колонны и эксцентрикового расширителя.

Для регулирования величины эксцентриситета буровой коронки используют следующие технические решения. На задней стенке эксцентрикового пояса коронки выполнен паз для прохождения поводка эксцентрикового расширителя, устанавливаемого вслед за коронкой. При вращении коронки по часовой стрелке свободно вращающийся расширитель поворачивается до упора поводка в паз корпуса коронки. При этом положение резцов расширителя относительно оси вращения коронки будет максимально большим и равным двойному эксцентриситету коронки и расширителя. Описываемый относительно оси вращения диаметр резцов расширителя составляет 138 мм, что вполне достаточно для свободного прохождения обсадной колонны. При реверсировании вращения снаряда расширитель поворачивается на 180° до упора поводка в корпусе коронки. При этом суммарный эксцентриситет коронки и расширителя становится нулевым, общий размер коронки с расширителем уменьшается до 110 мм, что позволит свободно извлечь снаряд с коронкой через внутренний диаметр трубы. Необходимо отметить, что центрирование пневмоударника в обсадной трубе обязательно, особенно при бурении в рыхлых породах. В противном случае коронка с расширителем может вращаться относительно общего центра вращения, что сразу уменьшит диаметр разбуриваемой скважины и затруднит продвижение обсадной трубы.

Бурение и отбор материала в крепких и перемежающихся породах с использованием метода обратной циркуляции можно проводить с помощью не только погружных пневмоударников сплошным забоем, но и кольцевых пневмоударников. В этом случае забор проб осуществляется с торцевой стороны коронки, а вынос шлама производится через центральный канал ПП. Современные технические средства бурения кольцевым ПП позволяют успешно осуществлять проходку скважин глубиной до 400 м и более. Однако для этого требуются компрессоры с давлением воздуха не менее 2,5 МПа. В настоящее время достаточно широко налажено производство высокопроизводительных компрессоров и дожимных станций с давлением воздуха до 100 бар.

Современный уровень технологических методов бурения в наносах различной степени сложности и мощности характеризуется следующими разновидностями:

- бурение в наносной толще шарошечными долотами с последующим креплением ствола скважины обсадными трубами;
- бурение в наносной толще с поддержанием устойчивости стенок скважины собственно буровым снарядом;
- бурение в наносной толще специальным буровым инструментом с креплением стенок скважины обсадными трубами одновременно с процессом бурения.

Первый метод применяется в наиболее простых геологических условиях, при относительной устойчивости стенок скважины и при отсутствии необходимости отбора керна. Второй метод используется в случаях необходимости отбора керна, в относительно однородной толще пород мягких и средней твердости. Он реализуется при бурении снарядами ССК, двойной колонной труб или магазинными шнеками. Третий метод рекомендуется для применения в наиболее тяжелых геологических условиях - в мореных отложениях большой мощности и т.д. Сущность его заключается в применении двух колонн труб, из которых наружная остается в скважине в качестве обсадной, а внутренняя извлекается для последующего бурения обычным снарядом. В качестве инструмента используются эксцентриковые долота, раздвигающиеся лопастные долота и специальные забойные снаряды с пневмоударником, либо без.

Применение упомянутых выше способов бурения по наносам с одновременной обсадкой ствола скважины осуществляется лишь с использованием установок, оснащенных подвижным вращателем, что значительно расширяет возможности предлагаемой технологии.

Список литературы

1. Проспект компании Sandvik «Разведочное бурение in Action», 2010. 9 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.sandvik.com/ (дата обращения: 14.02.2018).

2. *Анохин А.В.* Разработка и обоснование технологии и технических средств для проходки высокоточных коммуникационных скважин в городских условиях [Текст] /А.В. Анохин // *Машиноведение. Сб. научных трудов. Вып. 8.* Бишкек: Илим, 2012. С. 11-18.
3. Проспект фирмы Atlas Copco. Компания ROTEX OY. Концепция Symmetrix, 2010. 39 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.rotex.fi/ (дата обращения: 14.02.2018).
4. *Габриэльсон Ф.* Бурение с обратной циркуляцией. Горное дело & Строительство // Atlas Copco. 2008. № 1. С. 26-27.
5. Проспект компании Drillstar Eng (Австралия). 2010. 6 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [sales@saskz.com/](mailto:sales@saskz.com) (дата обращения: 14.02.2018).
6. *Ретин А.А., Кокоулин Д.И., Алексеев С.Е., Кубанычбек Б.* Определение параметров бурового оборудования, предназначенного для проходки скважин малого сечения // *Машиноведение. № 1 (3).* Бишкек: ИМаш НАН КР, 2016. С. 82-90.