

Для этого устье скважины должно быть соответствующим образом оборудовано. В скважину до верхней части интервала расположения шламовой дюны спускают бурильную колонну с долотом, центральный промывочный канал которого выполнен в виде профилированного сужающегося сопла. Гидротранспорт шлама осуществляется через ведущую трубу при закрытом на гладкой части бурильной трубы универсальном превенторе, с плавной подачей долота сверху вниз. Шламодюна разрушается механически – долотом (расхаживание) и гидравлически – обратным потоком промывочной жидкости. Так как форма шламовой дюны в процессе углубления скважины имеет тенденцию к выполаживанию в направлении течения промывочной жидкости, то изменение направления ее потока при обратной циркуляции положительно сказывается на гидравлическом разрушении шламовой дюны.

Важно подчеркнуть, что расход промывочной жидкости остается таким же, как и при бурении забойным двигателем. Кратное же увеличение скорости восходящего потока промывочной жидкости при постоянном расходе достигается за счет существенного снижения его площади поперечного сечения. При этом в затрубном пространстве нисходящий поток промывочной жидкости остается ламинарным, а в бурильной колонне – турбулентным.

Повышенное скопление шлама в скважине, свидетельствующее о недостаточной очистке ее от выбуренной породы, приводит к множеству осложнений и аварий. Во избежание подобных инцидентов рекомендуется вести учет объемов выбуренной породы в режиме реального времени, что позволит в кратчайшие сроки принять нужное решение, направленное на совершенствование показателей промывки скважины, как технических, так и гидравлических. Сочетание возможностей гидравлической программы промывки скважины с включением в бурильную колонну специальных технических устройств, а также, при необходимости, применение обратной промывки позволяет обеспечить качественную очистку ствола скважины и повысить эффективность бурения.

#### **Литература**

1. Матыцын В.И., Рябченко В.И., Шмарин И.С. Особенности процесса выноса шлама из горизонтальных и наклонных участков стволов скважин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2002. – № 3. – 10-12 с.
2. Горпинченко В.А., Дильмиев М.Р. Применение синтетического полимерного волокна для увеличения эффективности выноса шлама при бурении долотами PDC // Бурение & Нефть. – 2010. – № 6.
3. Куликов В.В. Транспортирование шлама по стволу наклонной скважины // Инженер-нефтяник. – 2008. – № 3. – 18-19 с.
4. Митчелл Джон. Безаварийное бурение // Дрилберт Инжиниринг Инк, Copyright 2001. – 334 с.
5. Райхерт Р.С., Цукренко М.С., Органов А.С. Техничко-технологические решения по очистке наклонно-направленных и горизонтальных стволов скважин от шлама // Нефть. Газ. Новации. – 2016. – № 3. – 28-35 с.
6. Вахрушев А.В. Бурильные трубы «ГидроКлин» (Hydroclean™) – революционное решение в области очистки скважин от шлама. Опыт создания и применения // Нефть. Газ. Новации. – 2012. – 12. – С. 26–28.
7. Осциллятор-турбулизатор / Л.Б. Хузина, Ш.Х. Фархутди-нов, А.В. Еромасов, Б.А. Хузин // Пат. на полезную модель RUS 131792.
8. Способ очистки ствола скважины / А.М. Лихущин, А.П. Мигуля, А.А. Бабичев, В.И. Балаба // Пат. на изобретение RUS 2166061.

### **ОБОСНОВАНИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ БЕЗРАЙЗЕРНОГО БУРЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГЛУБОКОВОДНОЙ СКВАЖИНЫ**

**И.Ш. Фазуллин**

*Научный руководитель профессор В. М. Подгорнов*

*Российский государственный университет нефти и газа имени И. М. Губкина,  
г. Москва, Россия*

Снижение запасов углеводородов на суше и увеличение спроса на углеводородное сырьё вынуждает нефтяные и газовые компании вести работы в глубоководных районах, которые выглядят весьма многообещающими. Безрайзерная технология бурения представляет собой технологическое решение, обеспечивающее циркуляцию промывочной жидкости без водоотделительной колонны (райзера) и предотвращающее попадание морской воды в скважину. Специализированные насосы, которые предназначены для прокачки буровой жидкости и шлама, расположенные под водой, используются для перекачки отработанного бурового раствора с поверхности морского дна на буровую платформу.

Отличительной особенностью безрайзерного бурения является исключение водоотделительной колонны благодаря использованию всасывающего и насосного модулей, которые по шлангокабелю обеспечивают возвратное движение циркулирующего потока к буровой платформе.

Мировой опыт применения технологии бурения с двойным градиентом давления сравнительно небольшой и составляет примерно 10 лет. Тем не менее, при ее использовании в строительстве скважин были получены положительные результаты. Можно выделить основные районы применения технологии, это Северное и Каспийское море.

Теперь перейдем к преимуществам технологии. Благодаря бурению без райзера мы имеем лучшие показатели **контроля скважины** по сравнению с традиционной технологией при бурении в осложненных условиях, что

позволяет нам уменьшить риск аварий или осложнений, а также обеспечит безопасность для окружающей среды.

**Меньшее количество обсадных колонн** в связи с 2 градиентами давления благодаря чему градиент практически равен пластовому давлению. **Расширение возможностей заканчивания**, что позволяет использовать больший диаметр НКТ, что в свою очередь позволяет уместить больше оборудования для эксплуатации.

**Уменьшение стоимости бурения** и экономия пространства на буровой в связи с тем, что уменьшается количество необходимых ресурсов для строительства.

При безрайзерном бурении необходимо и специализированное оборудование, позволяющее осуществлять процесс бурения. К ним относятся: модуль всасывания, подводный шламовый насос, система линии выхода, соединительный блок, лебедка и разъединитель, блок питания и управления.

Успешное выполнение технологической операции без райзера зависит от того как хорошо мы понимаем влияние эффекта сообщающихся сосудов на бурение и как им можно управлять. Традиционная глубоководная скважина изображается как U-образная трубка или манометр. Гидростатическое давление в бурильной колонне и кольцевом пространстве одинаковы для обычного бурения скважины при статическом состоянии с равномерным весом бурового раствора по всему стволу скважины. Поэтому U- трубка сбалансирована. В случае с безрайзерным бурением, в кольцевом пространстве находится шлам вперемешку с морской водой, следовательно имеет более низкую плотность бурового раствора по сравнению с раствором в буровой колонне. Таким образом появляется нарушение в так называемых “сообщающихся сосудах”. При статических условиях U-трубка будет сбалансирована в скважине в сторону кольцевого пространства из-за того, что давление в скважине будет больше из-за большей плотности и выше столба жидкости, следовательно жидкость в кольцевом пространстве будет проталкиваться и мы будем иметь возвращение потока из скважины. Это создает большие трудности тем, что обычное возврат жидкости можно легко спутать с проявлением. Даже во время проявления, U-tube эффект еще больше затрудняет проблему понимания и предотвращения.

Обнаружения проявления в безрайзерном бурении является более сложным по сравнению с традиционным методом из-за воздействия двойного градиента давления. При U-tube эффекте очень сложно определить проявление проверкой циркуляции, так как движение жидкости обратно из кольцевого пространства будет продолжаться до тех пор, пока гидростатические уровни не сбалансируются, после падения уровня жидкости в бурильной колонне.

Также подводные насосы имеют сложность в определении проявлений. Тем не менее, существуют методы определения проявлений, которые приведены ниже.

**Увеличение скорости потока за счет притока пластового флюида** может быть явным признаком проявления. Это может внезапный или постепенный процесс, все зависит от режима давления системы. Величина давления, необходимого для контроля такого состояния зависит от того, насколько быстро скважина была закрыта, т.к. при быстром закрытии в скважине сохраняет больше шлама, чем при медленном закрытии. Тем не менее технология двойного градиента безрайзерного бурения требует сочетания этого метода с другими чтобы подтвердить проявление.

**Течения в скважине при отключенных насосах.** В безрайзерном бурении эффективное гидростатическое давление в бурильной колонне, возникающее из-за U-tube эффекта, описанного выше, всегда выше, чем давление в кольцевом пространстве. В результате этого трудно определить, проявляет ли скважина при отключенных насосах, так как течение продолжает идти, либо идет балансировка гидростатических столбов жидкости в бурильной колонне и кольцевом пространстве

**Увеличение потока бурового раствора из скважины.** Существующие методы проверки потока, чтобы подтвердить увеличение потока бурового раствора из скважины не вполне надежны, так как поток бурового раствора будет продолжать движение из кольцевого пространства пока уровень бурового раствора в бурильной колонне не сравняется с уровнем бурового раствора в возвратной линии из-за U-tube эффекта.

**Заполнение флюидом при СПО.** Трудности в определении уровня в бурильной колонне при выбросе из-за эффекта U-образной трубки решаются использованием измерительных приборов в бурильной колонне.

**Внезапное увеличение механической скорости проходки.** Этот метод определения проявления в бурении имеет такой же принцип, как и в традиционной технологии. Внезапное увеличение скорости проходки является прямым средством обнаружения спрессованных под высоким давлением песка или сланцевых пород в результате чего долото бурит быстрее из-за возникновения депрессии. В соответствии с этим условием, гидростатическое давление столба бурового столба меньше или равно пластовому давлению. Тем не менее противоположный эффект (reverse drilling break) может происходить в тех же условиях, если буровой раствор приготовлен на нефтяной основе и бурение идет с помощью алмазного долота.

**Изменение давлений на насосах.** Снижение давлений на подводном насосе обусловлено снижением гидростатического давления в кольцевом пространстве. Это происходит, когда появляется дисбаланс гидростатических давлений между внутренней и наружной поверхностями бурильной трубы. Расширение газа приводит к вытеснению жидкости в кольцевом пространстве, что вызывает эти изменения. Стоит отметить, что этот метод является хорошим при определении проявлений, при комбинировании еще с каким-либо перечисленным выше методом.

При строительстве скважины основным показателем строительства скважины является ее стоимость и затраты на материалы. А именно: металлоемкость, количество необходимого цемента, количество выбуренной породы. В данной работе были проведены вышеперечисленные расчеты.

Проанализировав полученные данные, получаем следующий результат:

1. При безрайзерном бурении в 2.5 раза уменьшился объём выбуренной породы, что является хорошим

показателем.

2. Затраты сухого цемента уменьшились более чем в 2 раза при безрайзерном бурении, что помогает сильно сократить экономические затраты.

3. Металлоемкость при традиционном бурении больше в 1.5 раза, что говорит о увеличении стоимости метра проходки. Также для большего количества обсадных колонн необходимо большее пространство на буровой и соответственно выше класс буровой установки.

Представленная технология бурения успешно прошла промышленные испытания и в настоящее время эффективно используется нефтяными компаниями.

Практический опыт показал ряд существенных преимуществ применения безрайзерного метода при строительстве глубоководной скважины:

- бурение скважин на больших глубинах моря;
- сокращение затрат времени на строительство;
- уменьшение размера и веса райзера;
- упрощение конструкции скважины;
- уменьшение срока эксплуатации буровой платформы;
- сэкономить значительные материальные средства;
- улучшить качество проводимых работ;
- повысить промышленную и экологическую безопасность.

Многие трудности, с которыми приходится сталкиваться при использовании данной технологии, аналогичны тем, с которыми сталкиваются компании при внедрении любой новой технологии. Несмотря на то, что бурение с двойным градиентом была успешно разработана и протестирована на практике, основной задачей инженеров является доработка и совершенствование компонентов системы с целью повышения эффективности ее применения в глубоководном бурении.

Технология бурения с двойным градиентом давления в каждом случае ее использования должна быть адаптирована по следующим параметрам: глубина воды, температура воды над и под линией уровня дна моря, потери давления в системе, пластовое давление, метеоусловия, а также ряд других параметров.

Ожидается, что данная технология перейдет в разряд традиционных и станет одним из многочисленных инструментов бурового инженера для решения задач связанных со строительством скважин. Осталось решить проблемы пуска-наладки основных компонентов, организовать тренинги, и преодолеть предвзятость и опасения, ассоциирующиеся с любой новой технологией стремящийся получить доступ к рынку.

#### **Литература**

1. Галабурда В.К. Морские буровые установки. Крепление морских глубоких нефтяных и газовых скважин - Мурманск: издательство МГТУ, 2003.
2. Пейн М., Миллер Р., Эрпелдинг П. Новое в проектировании глубоководных скважин с высоким давлением и температурами /перевел В.Иванов // Нефтегазовые технологии. - 2005.-№ 11.- С.11-17.
3. Леонов Е.Г., Симонянц С.Л. Совершенствование процесса углубления скважины/ Москва, 2014.
4. Байрашевский И.В., Марков А.А. Современные наукоемкие технологии.

#### **РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИМИТАЦИИ ИЗНОСА ЭЛАСТОМЕРА РОТОРОМ ВИНТОВОГО ЗАБОЙНОГО ДВИГАТЕЛЯ В ПРИСУТСТВИИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА**

**А.В. Фёдоров, Л.А. Ушаков, А.В. Епихин**

*Научный руководитель старший преподаватель А.В. Епихин*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

На сегодняшний день нефтегазовые скважины бурятся различными по типу передачи вращения долоту методами – с обеспечением энергии долоту непосредственно с устья (роторное бурение) и с преобразованием энергии бурового раствора в механическую энергию ротора, приводящего в движение вал, вращающий породоразрушающий инструмент (турбинное бурение, использование турбобура, винтового забойного двигателя). Выбор метода обуславливается задачами и условиями бурения. Для наклонно-направленного бурения, разбуривания цементных мостов, песчаных пробок наибольшее распространение получил винтовой забойный двигатель (ВЗД). Несмотря на широкое применение и эффективность работы ВЗД, сегодня существенным образом стоит вопрос увеличения срока службы его рабочей пары – статора и ротора-винта, а именно обкладки статора, называемой эластомером. В результате многочасового воздействия трения ротора, эластомер подвергается деформированию, тем самым нарушается герметизация статора-ротора (натяг), что приводит к снижению коэффициента полезного действия ВЗД, падению вращающего момента, сокращению срока службы ВЗД и, как следствие, к увеличению количества спускоподъемных операций (СПО) [1].

Степень износа эластомера определяется многочисленными факторами: видом материала эластомера статора и типом металла ротора, их свойствами, типом и параметрами бурового раствора, определяющим его агрессивность, установившейся температурой в среде [1, 2].

В зависимости от условий бурения и соответствующей работы ВЗД необходимо обеспечить оптимальные