**ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
УСТОЙЧИВОСТИ СТЕНОК СКВАЖИНЫ****TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR ENSURING
THE WELL WALLS STABILITY****А. В. Дерябин, М. В. Двойников, В. Р. Фазылов**

A. V. Deryabin, M. V. Dvoynikov, V. R. Fazylov

*Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень
ОАО «Сургутнефтегаз», Сургутское УБР № 1, г. Сургут**Ключевые слова: устойчивость; горная порода; ползучесть; деформация**Key words: stability; rock; creeping; deformation*

Для многих буровых компаний актуальной проблемой являются осложнения в процессе углубления скважины, а также при проведении спуско-подъемных операций (СПО), которые представлены посадками, затяжками или прихватами бурильной колонны.

Большинство причин данных осложнений обусловлены физическими и геомеханическими свойствами пород, слагающих интервалы бурения и как следствие приводящие к потере устойчивости стенок скважины. Сохранение целостности скважины предопределяет использование соответствующего стабильного бурового раствора с учетом оптимизированных технических средств компоновки низа бурильной колонны (КНБК) и технологических решений их эксплуатации.

Основные причины потери устойчивости стенок скважины и рекомендации, направленные на снижение аварийности на примере месторождений Среднего Приобья, достаточно подробно приведены в работах [1–4]. Нерешенной задачей остается сохранение целостности стенок скважины, их стабильность при использовании разных типов буровых растворов с учетом сложного геологического разреза, представленного терригенными коллекторами, обладающими слоистостью с чередованием слабосцементированных песчаников и различных типов слоистых глин. В данном случае требуется интеграция, предусматривающая использование стабильных буровых систем с комплексом технических средств и применение соответствующей технологии промывки скважины.

Сегодня научно-производственные компании постоянно совершенствуют различные элементы КНБК, предлагая новые разработки, позволяющие буровым предприятиям сократить время строительства скважин, улучшить качество подготовки ствола к геофизическим работам и спуску эксплуатационных колонн [5]. К одним из таких элементов относятся калибрующие устройства. Являясь режущим инструментом, калибратор окончательно формирует ствол скважины, сглаживая уступы и желоба, а также снижает резкие искривления ствола скважины, что позволяет более безопасно проводить спуско-подъемные операции с бурильными колоннами,

геофизические работы на кабеле и спуск обсадных колонн. Дополнительно калибратор выполняет функцию стабилизатора и центриатора КНБК.

Модернизация калибраторов происходит уже несколько десятилетий, но и по настоящее время эти элементы КНБК имеют ряд конструктивных недостатков. Одним из недостатков является низкая эффективность при калибровке интервалов скважин, расположенных выше зоны поглощения бурового раствора, особенно при разбуривании участков ствола скважины, пройденных по твердым породам [6]. В первую очередь это связано с недостаточным использованием гидравлической энергии подаваемой промывочной жидкости при калибровке участков ствола скважины, пройденных по плотным породам. Однако при прохождении участков, сложенных слабыми породами, наблюдается случаи разрыва стенок скважины. Это приводит к дополнительным затратам при цементировании скважин.

С целью повышения эффективности бурения скважин и улучшения очистки ствола скважин за счет повышения эффективности использования энергии прокачиваемого бурового раствора предлагается новый вариант конструкции калибратора — промывочный калибратор [7]. Данное конструктивное решение предусматривает совершенствование лопастного калибратора с целью повышения эффективности его работы за счет повышения скорости выноса выбуренной породы и предупреждения осложнений при проведении спуско-подъемных операций. Благодаря правильному размещению промывочного калибратора в КНБК и изменению режима течения жидкости в кольцевом пространстве можно существенно улучшить процесс транспортировки бурового шлама на поверхность. Для определения расхода и скорости жидкости при использовании данного устройства применен метод расчета через смоченный периметр ξ . Смоченный периметр — линия, с которой жидкость соприкасается с поверхностями прямоугольной насадки в данном сечении. При напорном течении смоченный периметр совпадает с геометрическим периметром, так как в насадке нет точек стенки, которые бы не соприкасались с жидкостью.

Далее для расчета скорости и расхода жидкости определяется гидравлический диаметр для каналов прямоугольного сечения

$$D_{\Gamma} = \frac{4ab}{2(a+b)}, \quad (1)$$

где a — высота насадки, b — ширина насадки.

Из формулы гидравлического диаметра рассчитывается гидравлический радиус

$$D_{\Gamma} = 2R_{\Gamma}. \quad (2)$$

Скорость вытекания жидкости через отверстие определяется

$$V = \theta \cdot \sqrt{2gH} = \theta \cdot \sqrt{\frac{2(p - p_0)}{\rho}}, \quad (4)$$

где H и Δp — напор и избыточное давление в центре отверстия; θ — коэффициент скорости, учитывающий потери напора, обусловленные протеканием жидкости через отверстие, $\theta = 0,97 \div 0,98$

Расход жидкости, вытекающей из отверстия равен

$$Q = E \cdot S \cdot V = \mu \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot I_g \cdot H + (p - p_0) \lambda_{\theta}, \quad (5)$$

где E — коэффициент сжатия струи, $E = 0,62 - 0,65$; S_0 — площадь сечения круглого отверстия; μ — коэффициент расхода отверстия, при $300 < Re < 10000$,

$\mu = 0,592 + 0,27/\text{Re}^{1/6}$; $S = \sqrt{R_f^2}$. Результаты расчета представлены в таблице.

*Расчетные показатели скорости восходящего потока в кольцевом пространстве
с включением в КНБК разработанного калибратора**

Площадь поперечного сечения отверстия промывочного узла долота, м ²	Расход промывочной жидкости в кольцевом пространстве с установленным промывочным калибратором, м ³ /с	Диаметр скважины, м	Диаметр труб, м	Скорость в кольцевом пространстве, м/с	Разница в скорости в кольцевом пространстве, %
0,00785	0,03380	0,2159	0,127	1,42	5 %
0,01697	0,03605	0,2159	0,127	1,50	11,8 %
0,02010	0,03698	0,2159	0,127	1,57	13,70 %
0,03141	0,03921	0,2159	0,127	1,64	18,50 %
0,03732	0,04091	0,2519	0,127	1,71	23,87 %

**Примечание: скорость восходящего потока в кольцевом пространстве без применения промывочного калибратора принята не более 1,26 м/с*

Промывочный калибратор (рис. 1) содержит полый цилиндрический корпус 3 с внутренним проходным каналом диаметром 78 мм, на корпусе расположены пять лопастей. Наружная часть каждой лопасти армирована породоразрушающими твердосплавными элементами — PDC зубцами 1, предназначенными для расширения суженных участков ствола скважины путем обратной проработки. В нижней части промывочного калибратора имеются два промывочных отверстия 2 для качественной очистки ствола скважины повышенным расходом промывочной жидкости.

Рис 1. Промывочный калибратор

Промывочные отверстия 2 выполнены с возможностью установки в них сменных насадок различной площади поперечного сечения отверстия, что позволяет подбирать требуемую, заранее рассчитанную, насадку для каждой скважины индивидуально, с учетом глубины скважины по стволу и плотности бурового раствора. Внутренний канал насадок имеет прямоугольную форму, что снижает вероятность закупоривания насадки посторонними предметами. Промывочный калибратор изготавливается из стали марки 40ХН по ГОСТ 4543-71 или из других сталей по физико-механическим свойствам не ниже, чем у марки 40ХН. Данное устройство устанавливают между верхней немагнитной утяжеленной бурильной трубой (НУБТ) забойной телесистемы (ЗТС) и первой свечей бурильного инструмента (рис. 2).

Установка промывочного калибратора между верхней НУБТ ЗТС и первой свечой бурильного инструмента оптимизирует гидравлику в нижней части бурильной колонны, что позволит улучшить вынос шлама при бурении и обратной проработке в процессе подъема КНБК после бурения. Улучшение выноса шлама обеспечивается наличием двух промывочных отверстий в нижней части корпуса калибратора,

позволяющих увеличить расход подаваемого бурового раствора без повреждения ниже установленных забойной телесистемы и ГЗД. Эффективность обратной проработки обеспечивается наличием на лопастях выбуривающих PDC зубьев, позволяющих снизить осложнения при проведении подъема КНБК после бурения в мягких, неустойчивых, склонных к выпучиванию глинах.

Рис. 2. КНБК с включением в нее разработанного промывочного калибратора

Немаловажную роль в обеспечении функционирования промывочного калибратора играют насадки прямоугольной формы, применяемые для снижения вероятности закупоривания промывочных отверстий. Форма данных отверстий обуславливает специфику гидравлических расчетов, так как расчет по формулам определения скорости потока и расхода жидкости в насадке круглой формы в данном случае будет не верен.

Технико-экономическая эффективность применения промывочного калибратора заключается:

- в улучшении очистки ствола скважины от шлама;
- в снижении крутящих и растягивающих нагрузок на бурильную колонну;
- в улучшении дохождения нагрузки до долота;
- в качественной подготовке ствола скважины к проведению геофизических работ и спуску эксплуатационных колонн.

Применение данного усовершенствованного устройства позволит буровому предприятию увеличить рейсовую скорость бурения и предупредить осложнения при проведении спуско-подъемных операций.

Список литературы

1. Киреев А. М. Управление проявлениями горного давления при строительстве нефтяных и газовых скважин / Киреев А. М., Войтенко В. С.: Монография. Том 1. – Тюмень: Экспресс. – 2006. – С. 266-276.
2. Добрынин В. М. Деформации и изменения физических свойств коллекторов нефти и газа. – М.: Недра, 1970.
3. Коваленко Ю. Ф., Харламов К. Н., Усачев Е. А. Устойчивость стволов скважин, пробуренных на месторождениях Среднего Приобья. – Тюмень – Шадринск: Шадринский Дом Печати, 2011. – 175 с.
4. Грошева Т. И., Двойников М. В., Дерябин А. В., Усачев Е. А., Фазылов В. Р. О первопричинах осложнений при бурении скважин на месторождениях среднеобского геоблока // Бурение и нефть. – 2015. – № 1.
5. Дерябин А. В., Фазылов В. Р. Техничко-технологическое направление по подготовке ствола скважины при бурении с использованием калибрующего стабилизатора 2ка-218ст и калибрующих воронок диаметром 217 мм с калибраторами расширителями крп-215,9-218 к спуску эксплуатационных колонн диаметром 146–168 мм: материалы X Международной научно-практической конференции «Научное пространство Европы – 2014, Прага, Чешская Республика», 2014. Том 36. – 17 с.
6. Сериков Д. Ю., Ясашин В. А., Панин Н. М. Совершенствование конструкции калибраторов // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2014. – № 4. – С. 19-22.

7. Промывочный калибратор. Патент на полезную модель № 145681 «Промывочный калибратор». Двойников М. В., Дерябин А. В. Опубликовано 27.09.2014.

Сведения об авторах

Дерябин Андрей Владимирович, инженер по бурению I категории ОАО «Сургутнефтегаз», г. Сургут, аспирант кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин», Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень, тел. 89222536521, e-mail: davidovsurgut@mail.ru

Двойников Михаил Владимирович, д. т. н., профессор, заведующий кафедрой «Бурение нефтяных и газовых скважин», Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень, тел. 8(3452) 390363, e-mail: burenie@rambler.ru

Фазылов Вадим Раульевич, инженер по бурению I категории ОАО «Сургутнефтегаз» (г. Сургут), аспирант кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин», Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень, тел. 8(3462)352198, e-mail: fazilov.vadim@yandex.ru

Information about the authors

Deryabin A. V., drilling engineer, OJSC «Surgutneftegas», postgraduate of the chair «Drilling of oil and gas wells», Tyumen State Oil and Gas University, phone: 89222536521, e-mail: davidovsurgut@mail.ru

Dvoynikov M. V., Doctor of Engineering, professor, head of the chair «Drilling of oil and gas wells», Tyumen State Oil and Gas University, phone: 8(3452)390363, e-mail: burenie@rambler.ru

Fazylov V. R., drilling engineer, postgraduate of the chair «Drilling of oil and gas wells», Tyumen State Oil and Gas University, phone: 8(3462)352198, e-mail: fazilov.vadim@yandex.ru