

УДК 622.276

МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ СИЛ ТРЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫМИ СКВАЖИНАМИ

Хузина Л.Б.¹, Петрова Л.В.

*Филиал Уфимского государственного нефтяного
технического университета в г. Октябрьском, e-mail: ¹lhyzina@yandex.ru*

Любимова С.В.

*Альметьевский государственный нефтяной институт, г. Альметьевск
e-mail: larisa_petrova@mail.ru*

Аннотация. *Одной из актуальных задач при бурении скважин с горизонтальным окончанием является снижение прихватоопасности бурильных колонн, особенно на горизонтальном участке. Рассмотрены методы снижения сил трения, позволяющие снизить вероятность прихвата в процессе бурения горизонтальных участков наклонно-направленных скважин. В работе представлена разработанная авторами классификация методов снижения сил трения бурильной колонны о стенки промежуточной обсадной колонны, позволяющая научно обосновать и выбрать наиболее приемлемый метод для снижения силы трения.*

Ключевые слова: *горизонтальное окончание наклонно-направленных скважин, бурильная колонна, силы трения, химические методы снижения сил трения, механические методы снижения сил трения, классификация методов снижения сил трения*

В настоящее время одним из перспективных методов интенсификации добычи нефти и полноты ее извлечения из недр является разработка месторождений скважинами с горизонтальным окончанием. Особую актуальность это приобретает для месторождений со сложным геологическим строением продуктивных залежей и на поздней стадии их разработки. Данная технология отвечает самым высоким требованиям эффективности и экологии, но существует и ряд проблем, связанных с процессом бурения горизонтальных участков скважины. Одной из актуальных задач при бурении скважин с горизонтальным окончанием является снижение прихватоопасности бурильных колонн, особенно на горизонтальном участке.

Опыт бурения скважин с горизонтальным окончанием показывает, что одной из основных причин, приводящей к низким технико-экономическим показателям является зависание бурильной колонны на стенках скважины, вызванное прихватом скважинного инструмента, колонны труб и другого технологического оборудования. Среди влияющих факторов на возникновение дифференциального прихвата можно выделить значительную силу трения бурильной колонны о стенки промежуточной обсадной колонны или ствола скважины. В результате чего, в некоторых случаях могут возникнуть такие условия, что процесс бурения станет просто невозможным. Одним из направлений снижения затрат энергии при спуско-подъемных операциях, предупреждения затяжек и прихватов бурильных колонн и приборов в скважинах является повышение смазочных свойств буровых

растворов. Зарубежный и отечественный опыт показывает, что применение промывочных жидкостей с улучшенными антифрикционными (противоприхватными) свойствами оказывает положительное влияние на работоспособность породоразрушающих инструментов, следовательно, влияет на технико-экономические показатели бурения.

В табл. 1 представлена разработанная авторами классификация методов снижения сил трения бурильной колонны о стенки скважины в процессе бурения вертикальных, наклонно-направленных скважин, а также скважин с горизонтальными окончаниями.

Рассмотрим наиболее известные на сегодняшний день смазочные добавки, применяемые в России и за рубежом [1 - 6].

Одной из распространенных смазочных добавок для предотвращения и ликвидации прихватов является нефть. Установлено, что ввод 5...10 % нефти в необработанный буровой раствор уменьшает силу трения между металлической поверхностью и глинистой коркой на 20...30 %. Кроме того, нефть за счет находящихся в ней естественных поверхностно-активных веществ (ПАВ) адсорбируется на твердых частицах корки и вскрываемых пластов, ослабляя силы когезионного и адгезионного взаимодействия между ними при контакте бурового инструмента с коркой.

В результате сила сопротивления страгиванию инструмента относительно корки уменьшается, следовательно, уменьшается и вероятность дифференциального прихвата. Введение в нефть графита в количестве 0,6 % позволяет снизить количество прихватов, уменьшить время на их ликвидацию в 1,5...5 раз и увеличить проходку на долото на 5...10 %.

Однако, с учетом современных природоохранных требований, запрещающих применение токсичных и загрязняющих технологий, применение нефти ограничено. Также в качестве смазочных добавок применяются реагенты Т-66 и Т-80, относящиеся к классу диоксанов. Оптимальное содержание реагента в буровом растворе Т-80 составляет 2...3 %. При этом, в среде минерализованного бурового раствора коэффициент трения снижается более интенсивно, чем в среде пресного раствора.

Имеется опыт использования для улучшения смазочных свойств раствора и снижения прихватопасности в процессе бурения скважин ПАВ. ПАВ классифицируются на неионогенные и анионоактивные. К неионогенным ПАВ относятся алкилфенолы, хорошо растворимые в пресных и пластовых водах. При добавлении ПАВ в буровой раствор в количестве 0,01...0,03 % снижается коэффициент трения между металлом и фильтрационной коркой на 15 % [7].

В основе был применён принцип гидрофобизации из водной среды поверхностей контакта металл - фильтрационная корка, обеспечивающий за счет уменьшения прочности адгезионной связи минимальное сопротивление сдвигу. Было

установлено, что эффективность применения для повышения триботехнических свойств полимерглинистых растворов смазочных добавок, представляющих собой натриевые соли кубовых остатков СЖК (ОСЖК), а также ОСЖК модифицированных на стадии их приготовления многофункциональными присадками ИНХП-21 и ВНИИНП достигается за счет обеспечения стойких изменений электронных свойств поверхности металла в результате хемосорбционных процессов. Сравнение эффективности применения смазочных добавок проводилось с добавками РЖС, графит, эмультал. При этом было достигнуто снижение коэффициента трения пары сталь-фильтрационная корка в зависимости от процента ее ввода для ОСЖК до 50 %, для РЖС – до 40 %, для графита – до 25 %. Модифицирование ОСЖК присадками ИНХП-21 и ВНИИНП-360 привело к улучшению триботехнических свойств раствора. Добавка (ОСЖК+ИНХП-21) обеспечивала наибольшее снижение коэффициента трения, и скорости изнашивания стали как для замковой, так и для долотной стали [9].

В качестве добавок к буровым растворам можно использовать химические соединения на основе предельных и непредельных карбоновых (жирных) кислот, а также их производных. Представителями смазочных добавок данного класса является смазочная добавка СМАД-1, частично омыленные жирные кислоты (ОЖК), омыленные омедненные жирные кислоты (ОЖКМ), СПРИНТ и др.

Рациональное содержание СМАД-1 в буровом растворе нормальной плотности – 1...2 %, в утяжеленном – 2...4 %. По результатам проведенных испытаний применение СМАД-1 в буровом растворе позволяет увеличить проходку на долото на 25...40 %, повысить механическую скорость бурения на 20...25 %, сократить количество прихватов и затраты времени на их ликвидацию. Эффективность использования СМАД-1 возрастает при добавлении графита, который позволяет снизить коэффициент трения. Но, применение СМАД-1 ограничивается высокой температурой застывания реагента, низкой стойкостью к солевой агрессии, щелочностью. Смазочная добавка СПРИНТ, разработанная во ВНИИКРнефть, при введении которой в буровой раствор 0,3...0,5 % достигается снижение коэффициента сдвига корки – 60...80 %, а коэффициента трения – 50...60 %. Основным недостатком смазочной добавки СПРИНТ является снижение плотности бурового раствора из-за пенообразования и необходимость применения антивспенивателей [3, 4].

На сегодняшний день известны смазочные добавки, полученные на основе продуктов растительного и животного происхождения и прошедшие промышленные испытания, такие как: легкое талловое масло (ЛТМ), гудроны соапстока растительных или животных жиров, а также их смеси (СГ), растительное масло борносиликатное (РАМБС), смазочная добавка экологически безвредная (СДЭБ).

Согласно проведенным исследованиям, ЛТМ является хорошей смазочной добавкой, позволяющая снизить липкость фильтрационной корки, а также повысить противоизносные свойства раствора. Концентрация в буровом растворе –

0,5 - 4 % по объему, в зависимости от типа и плотности бурового раствора и желаемой величины коэффициента трения. По мере углубления скважины часть реагента адсорбируется на поверхности выбуренного шлама и стенках скважины, поэтому требуются периодические дообработки раствора для поддержания требуемой концентрации реагента и смазывающей способности раствора. ЛТМ позволяет снизить коэффициент трения в системе «буровой инструмент - стенки скважины (обсадной колонны)», существенно уменьшает опасность возникновения дифференциальных прихватов, снижает интенсивность сальникообразования, моменты при вращении колонны бурильных труб, облегчает движение бурового инструмента, особенно в субгоризонтальных и горизонтальных участках ствола скважины, увеличивает срок службы буровых долот и обеспечивает рост скоростей бурения. Согласно проведенным промысловым испытаниям было установлено, что применение ЛТМ позволяет снизить коэффициент трения 0,5 %-го водного раствора – не менее 80 %.

Известны смазочные добавки на основе отходов рыбожирного производства. Согласно проведенным исследованиям содержание смазочной добавки в буровом растворе 0,3...1,0 % обеспечивает снижение коэффициента трения на 30...50 % по сравнению с исходным глинистым раствором, что соответствует значениям коэффициента трения при содержании в растворе 5...17 % нефти. Использование РЖС в комбинации с графитом 1:1 позволяет сократить расход РЖС на 30...50 % [3].

Разработаны и прошли промысловые испытания смазочные добавки СДЭБ и РАМБС. Оптимальная величина ввода добавок – 0,5...1 % от объема бурового раствора. Испытания в Тюменской области показали возможность 1,5...2 кратного уменьшения коэффициентов трения при добавке в раствор 0,7...1 % РАМБС-3.

Применение вышеперечисленных смазочных добавок ограничено в связи с экологическими трудностями, то есть загрязнением окружающей среды и шлама углеводородами.

За рубежом наиболее известными являются добавки серии Radeageen бельгийской фирмы «Олеон» – EBL, EME-Sweet, EME salt, Dreel Free, K-LUBE и др. Например, добавка Dreel Free в количестве 0,5 % об. в глинистый раствор плотностью 1150 кг/м³ позволяет снизить коэффициент трения до 40 %. Для повышения смазочных и противоприхватных свойств фильтрационной корки в буровых растворах, как за рубежом, так и в России, используется также малотоксичный американский реагент LUBE-167 фирмы M-I DRILLING FLUIDS. Использование реагента LUBE-167 в качестве смазочной добавки к буровым растворам позволяет уменьшить опасность возникновения прихватов до 40 %. Смазочные добавки импортного производства, как правило, удовлетворяют требованиям технологии бурения скважин, но из-за высокой стоимости их применение на территории России ограничено [10].

Таблица 1. Классификация методов снижения сил трения бурильной колонны о стенки скважины

Методы снижения сил трения																									
Химические							Механические																		
Российские				Зарубежные			Российские				Зарубежные														
Графит	Нефть	ПАВ	СМАД-1	Т-66 и Т-80	Спринг	ИНХП-21, ВНИИИП-360	СЖК (ОСЖК)	РЖС	Эмультал	ЛТМ, СГ	РАМБС, СДЭБ	К-Lube	Lube-167	Dreel Free	EME-Sweet	EME-Salt	EBL	Центраторы (типа ЦЦ, ЦТ и др)	Калибраторы (КЛ, КЛС)	Стабилизаторы (КС, КСС)	Вибродемпферы	Ясы (типа ГМ, ГУ и др)	Осцилляторы	Осциллятор марки АРТ-066	Ясы типа ZSI/ZXJ и др.
Ввод смазочной добавки от объема бурового раствора, %							В составе компоновки низа бурильной колонны при бурении наклонно-направленных, вертикальных и скважин с горизонтальным окончанием																		
25	20-30	15	50-60	30-50	50-60	25-50	50	30-50	25	80	30-50	30-50	30-50	40	30-40	20-40	20-40	Уменьшение площади соприкосновения со стенками скважины	Уменьшение коэффициента трения бурильной колонны о стенки скважины	Ликвидация прихватов бурильных труб	Снижение силы трения и сопротивления перемещению бурильной колонны, доведение нагрузки на долото				
Снижение коэффициента трения, %																									
0,02	10	0,01-0,03	1-4	0,3-0,5	2-3	0,5	0,5	0,3-1	0,3-1	0,5	0,5-1	0,5	0,5-1	0,5	0,5	0,5	0,5-1								

На основании обобщения применяемых методов снижения коэффициента трения бурильной колонны о стенки скважины предложена их классификация (табл. 1). Химические методы базируются на применении промывочных жидкостей с улучшенными противоприхватными свойствами, достигаемыми вводом в них смазочных добавок. К механическим методам относятся технические устройства, включаемые в компоновку низа бурильной колонны: осцилляторы, вибродемпферы, вибраторы, ясы и т.д. Ясы способствуют безаварийной проходке скважин, ликвидации возникающих прихватов, но из-за высокой стоимости они широкого применения в условиях России не нашли. Центраторы служат для уменьшения прогиба бурильной колонны, площади соприкосновения со стенками скважины и т.д. Но они ориентированы на достаточно протяжённые участки бурильных колонн, а места локальных концентраций напряжений, приводящих к прихватоопасности бурильных труб, остаются незащищёнными. Поэтому необходимы дальнейшие разработки технических устройств с продольными перемещениями для устранения трения и снижения прихватоопасности на проблемных участках.

Выводы.

Таким образом, предлагаемая авторами классификация позволяет научно обосновать и выбрать наиболее приемлемый метод для снижения силы трения бурильной колонны о стенки скважины в процессе бурения вертикальных, наклонно-направленных скважин, а также скважин с горизонтальными окончаниями для снижения прихватоопасности бурильных труб.

Литература

1. Патент № 2405909 РФ. МПК E21 B31/107. Механический ясс / И.Х. Махмутов, Д.В. Страхов, Р.З. Зиятдинов, М.Ф. Асадуллин, В.Б.Оснос; Заявлено 11.09.2009. Опубликовано 10.12.2010.
2. Патент № 2347796 РФ. МПК C 09 K8/035. Смазочный реагент для буровых промывочных жидкостей «СТ-7» и способ его получения / С.В. Гудин, Е.Б. Годунов // Заявлено 04.05.2007. Опубликовано 27.02.2009.
3. Патент № 2386656 РФ. МПК C 09 K8/28. Буровой раствор для строительства скважин в осложненных условиях, преимущественно для бурения пологих и горизонтальных скважин / Ю.В. Фефелов, Д.В. Карасев, А.М. Нацепинская, Ф.Н. Гребнева, О.В. Гаршина, И.Л. Некрасова, А.Н. Зубенин, М.Н. Кардышев; Заявлено 13.11.2008. Опубликовано 20.04.2010.
4. Патент № 2105783 РФ. МПК C09 K7/06. Смазочный реагент к буровым растворам / Н.Г. Кашкаров, Н.Н. Верховская, А.А. Рябокоть, А.Н. Гноевых, Е.А. Коновалов, Вяхирев В.И. Заявлено 30.05.1996. Опубликовано 27.02.1998.

5. Патент №2186083 РФ. МПК С09 К7/02. Композиционный реагент для буровых растворов / Г.В. Крылов, В.Ф. Штоль, Н.Г. Кашкаров, Е.А. Коновалов, В.А. Бондарь, Н.Н. Верховская, Т.А. Грошева. Заявлено 12.07.2000. Опубликовано 27.07.2002.

6. Патент №2115687 РФ. МПК С09 К7/06. Смазочный реагент для буровых растворов «Жирма» / Н.Г. Кашкаров, Ф.Б. Ибрагимов, Н.Н. Верховская, А.Н. Гноевых, Е.А. Коновалов, Ю.Н. Мойса, А.А. Рябоконь. Заявлено 15.10.1996. Опубликовано 20.07.1998.

7. Патент №2439306 РФ. МПК Е21 В43/24. Способ разработки залежей высоковязких нефтей и битумов / Р.Р. Ибатуллин, И.М. Бакиров, М.И. Амерханов, А.И. Арзамасцев, Р.И. Филин. Заявлено 09.07.2009. Опубликовано 10.01.2012.

8. Селезнев А.А., Коренько А.В., Здобнова О.Л., Абдуллин Р.М., Лукманов Р.Р. Результаты испытаний смазочных добавок к буровым растворам // Нефтяное хозяйство. 2011. № 7. С. 89-93.

9. Дихтярь Т.Д. Разработка реагентов для предупреждения прихватов и повышения показателей отработки долот: дисс...к.т.н. Уфа, 1997. 196 с.

10. Петров Н.А., Конесев Г.В., Давыдова И.Н., Коренько А.В. Исследование реагента LUBE-167 в качестве смазочной добавки к буровым растворам // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2007. № 1. 9 с.

URL: http://www.ogbus.ru/authors/PetrovNA/PetrovNA_9.pdf

TECHNIQUES TO REDUCE FRICTION IN FIELD DEVELOPMENT BY HORIZONTAL WELLS

L.B. Khuzina¹, L.V. Petrova

*Oktyabrsky Branch of Ufa State Petroleum Technological University
Oktyabrsky, Russia, e-mail: ¹lhyzina@yandex.ru*

S.V. Lyubimova

Almetyevsk State Petroleum Institute, Almetyevsk, Russia

Abstract. *One of the current problems in drilling wells with horizontal end is to reduce sticking of drill pipe, especially in the horizontal section. The methods for reducing the frictional forces that reduce the probability of stuck while drilling horizontal sections of directional wells are considered. In this paper the authors developed classification methods to reduce friction of the drill string with intermediate casing wall, allowing to choose the most appropriate method for reducing friction.*

Keywords: *horizontal end of directional wells, drill string, friction, chemical methods to reduce friction, mechanical methods to reduce friction, classification of methods to reduce friction*

References

1. Patent № 2405909 of Russian Federation. IPC E21 B31/107. Mechanical jar / I.Kh. Makhmutov, D.V. Strakhov, R.Z. Ziyatdinov, M.F. Asadullin, V.B.Osnos; Appl. 11.09.2009. Publ. 10.12.2010.
2. Patent № 2347796 of Russian Federation. IPC C 09 K8/035. Lubricant reagent for drilling site washing liquid "CT-7" and method of obtaining it / S.V. Gudin, E.B. Godunov. Appl. 04.05.2007. Publ. 27.02.2009.
3. Patent № 2386656 of Russian Federation. IPC C 09 K8/28. Drilling fluid for well construction in difficult conditions, mainly for drilling extended-reach wells and horizontal wells / Yu.V. Fefelov, D.V. Karasev, A.M. Natsepinskaya, F.N. Grebneva, O.V. Garshina, I.L. Nekrasova, A.N. Zubenin, M.N. Kardyshev. Appl. 13.11.2008. Publ. 20.04.2010.
4. Patent № 2105783 of Russian Federation. IPC C09 K7/06. Lubricating reagent for drilling muds / N.G. Kashkarov, N.N. Verkhovskaya, A.A. Ryabokon', A.N. Gnoevykh, E.A. Konovalov, Vyakhirev V.I. Appl. 30.05.1996. Publ. 27.02.1998.
5. Patent № 2186083 of Russian Federation. IPC C09 K7/02. Composition reagent for drilling muds / G.V. Krylov, V.F. Shtol', N.G. Kashkarov, E.A. Konovalov, V.A. Bondar', N.N. Verkhovskaya, T.A. Grosheva. Appl. 12.07.2000. Publ. 27.07.2002.
6. Patent № 2115687 of Russian Federation. IPC C09 K7/06. Lubricating reagent for drilling solutions / N.G. Kashkarov, F.B. Ibragimov, N.N. Verkhovskaya, A.N. Gnoevykh, E.A. Konovalov, Yu.N. Moisa, A.A. Ryabokon'. Appl. 15.10.1996. Publ. 20.07.1998.

7. Patent № 2439306 of Russian Federation. IPC E21 B43/24. Development method of deposits of high-viscosity oils and bitumens / R.R. Ibatullin, I.M. Bakirov, M.I. Amerkhanov, A.I. Arzamastsev, R.I. Filin. Appl. 09.07.2009. Publ. 10.01.2012.

8. Seleznev A.A., Korenyako A.V., Zdobnova O.L., Abdullin R.M., Lukmanov R.R. Rezul'taty ispytaniy smazochnykh dobavok k burovym rastvoram (Lubricant additives to mud fluids – a reserve of trouble-free well drilling), *Neftyanoe khozyaistvo - Oil Industry*, 2011, Issue 7, pp. 89 - 93.

9. Dikhtyar' T.D. Razrabotka reagentov dlya preduprezhdeniya prikhvatov i povysheniya pokazatelei otrabotki dolot (Development of reagents to prevent sticking and to raise the drilling bit run). PhD thesis. Ufa, 1997. 196 p.

10. Petrov N.A., Konesev G.V., Davydova I.N., Korenyako A.V. Issledovanie reagenta LUBE-167 v kachestve smazochnoi dobavki k burovym rastvoram (The study of reagent LUBE-167 as a lubricant additive to drilling muds), *Electronic scientific journal "Neftegazovoe delo - Oil and Gas Business"*, 2007, Issue 1, 9 p.

URL: http://www.ogbus.ru/authors/PetrovNA/PetrovNA_9.pdf