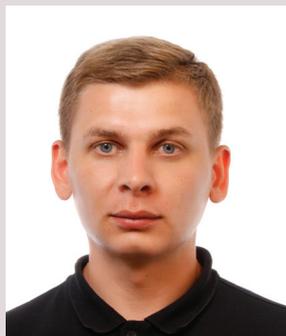




Модификаторы реологии и трения для РУО: тонкий «тюнинг» бурового раствора на углеводородной основе для бурения сложных скважин или зачем смазка смазка



М.Н. ШИРОКОВ,
начальник ЛХП
mikhail.shirokov@cloto.ru

ООО «Клото»
г. Архангельск,
163012, РФ

SHIROKOV M.N.¹

¹ «Cloto»
Arkhangelsk, 163012,
Russian Federation



КЛОТО

To solve the problems associated with the rheology of the drilling fluid, it is necessary to use a special additive - a rheology modifier. It is especially important to reduce the dependence of rheological properties on temperature. Application of the rheology modifier «Rheomod® Liquid» allows to obtain optimal values of LYSP - rheology at low shear rates; form a flat rheological profile to minimize the negative impact of pressure differences on well stability; reduce the dependence of rheological parameters on temperature.

Keywords: rheology modifier, Rheomod® Liquid, flat rheological profile, friction modifier

Для решения проблем, связанных с реологией бурового раствора, необходимо использовать специальную добавку – модификатор реологии. Особенно важно снизить зависимость реологических свойств от температуры. Применение модификатора реологии «РЕОМОД® Жидкий» позволяет получать оптимальные значения LYSP – реологии при низких скоростях сдвига; формировать плоский реологический профиль для минимизации негативного воздействия разницы давлений на стабильность скважины; снижать зависимость реологических параметров от температуры.

Ключевые слова: модификатор реологии, «РЕОМОД® Жидкий», плоский реологический профиль, модификатор трения

RHEOLOGY AND FRICTION MODIFIERS FOR OBM: FINE «TUNING» OF OIL BASED MUDS FLUID FOR DRILLING DIFFICULT WELLS OR WHY LUBRICATE LUBRICANT

МИДИФИКАТОРЫ РЕОЛОГИИ

Бурение нефтегазовых скважин часто проходит в широком диапазоне температур – от самых низких на поверхности до 200 °С и более на забое скважины.

Повышение реологических параметров при охлаждении традиционных буровых растворов на углеводородной основе в верхних интервалах скважины приводит к увеличению эквивалентной циркуляционной плотности (ECD). Когда ECD превышает градиент гидроразрыва породы, возникает ряд осложнений – поглощение бурового раствора, нестабильность ствола скважины, прихваты, и т.д. Это приводит к большим потерям драгоценного времени и денег.

Особенно часто эта ситуация встречается при восстановлении циркуляции после длительных остановок, когда буровой раствор находился в покое длительное время. За спуском бурильного инструмента или обсадной колонны (surge&swab), резким запуском насосов и быстрым выходом «на режим» часто следует падение давления и снижение или полное отсутствие бурового раствора на выходе из скважины – первый признак потери циркуляции.

Для решения проблем, связанных с реологией бурового раствора, необходимо использовать специальную добавку – модификатор реологии. Зачем она нужна?

- Во-первых, снижает зависимость реологии бурового раствора от температуры – снижает значение пусковых давлений при восстановлении циркуляции, то есть снижает риск образования искусственных трещин и ухода раствора в пласт.

- Во-вторых, эта добавка формирует плоский реологический профиль бурового раствора, снижает давления Surge&Swab – залог стабильности скважины.

- В-третьих, модификатор реологии повышает значения вискозиметра при 6 и 3 оборотах (LSRV – реология при низких скоростях сдвига). Это свойство необходимо для качественной очистки скважин с зенитным углом более 700.

Особенно важно снизить зависимость реологических свойств от температуры. В табл. 1–3 приводятся результаты лабораторного тестирования реологических параметров бурового раствора РУО с модификатором реологии «Реомод® Жидкий» при 10, 50, 70 и 100 °С и давлении 0, 100, 400 и 550 атм соответственно.

Как видно из табл. 1–3, при изменении температуры в диапазоне 10–100 °С:

- наблюдается значительное снижение показателя пластической вязкости, которая характеризует вязкость дисперсионной среды;
- наблюдается незначительное снижение ДНС в допустимых пределах от 35 до 22 (37 % в диапазоне температур 10 до 100 °С);
- реологические параметры при низких скоростях сдвига (показания вискозиметра при 6 и 3 оборотах и LSYF) практически не меняются.

Применение модификатора реологии «РЕОМОД® Жидкий» позволяет:

- 1) получать оптимальные значения LYSP – реологии при низких скоростях сдвига – для качественной очистки наклонно-направленных и горизонтальных скважин;



2) формировать плоский реологический профиль для минимизации негативного воздействия разницы давлений на стабильность скважины;

3) снижать зависимость реологических параметров от температуры.

МОДИФИКАТОРЫ ТРЕНИЯ ДЛЯ РУО

«Зачем смазке смазка?» – многие инженеры по бурению слышали этот вопрос от бывалых бурильщиков.

Этот же вопрос задают себе неискушенные в этом вопросе люди, которые выбирают моторное масло: «зачем я буду платить за масло на эстерах в два раза больше, чем за обычную «минералку»?

Чем же отличается обычная «минералка» от масла с добавлением эстеров (эфиров)? Концентрация эфиров в масле обычно очень низкая – до 2 %. Но преимущества, которыми они наделяют масло, трудно переоценить.

Эстеры (эфиры) используются в моторном масле в качестве «модификаторов трения». Полярные головы молекул эфиров адсорбируются на металлических поверхностях, образуя смазочную «подушку» из неполярных (углеводородных) хвостиков. Эта «подушка» способствует свободному скольжению твердого тела и меняет режим смазки с «пограничного» на «гидродинамический».

То же самое происходит в скважине при использовании бурового раствора на углеводородной основе (РУО) при добавлении модификатора трения. Молекулы эфиров формируют прочный адсорбционный слой на металлической поверхности бурильной и обсадной колонны, а также на стенке скважины («обнаженных» заряженных краях). По этой «смазочной подушке» бурильная колонна или обсадная колонна свободно перемещается относительно обсадной колонны или стенки скважины.

ПОЛЕВОЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СМАЗКИ-МОДИФИКАТОРА ТРЕНИЯ ДЛЯ «СУПЕРСЛАЙДЕР® РУО»

Бурение секции под эксплуатационную колонну Ø178 мм долотом Ø215,9 мм до глубины 2944 м осуществлялось на традиционном буровом растворе на нефтяной основе. Режим бурения представлен в табл. 4.

С глубины 2944 м начали вводить модификатор трения «Суперслайдер® РУО» с доведением концентрации до 1 % по объему. На глубине 3056 м увеличили концентрацию смазки до 2 %.

Параметры бурового раствора представлены в табл. 5. После добавления смазки параметры бурового раствора не изменились, за исключением параметра электростабильности, значение которого незначительно повысилось.

Что касается крутящего момента, то после ввода смазки «Суперслайдер® РУО» (1 % по объему) наблюдалось снижение момента на забое на 34 % (с 35 до 23 кН•м), момента над забоем – на 30 % (с 30 до 21 кН•м).

После повышения концентрации смазки до 2 % по объему наблюдалось дальнейшее снижение крутящего момента – на 18 и 22 % (на забое и над забоем соответственно). Результаты полевого опыта представлены в табл. 6.

Применение смазочной добавки «Суперслайдер® РУО» в буровом растворе на углеводородной основе позволило:

- значительно снизить крутящий момент (снизить энергозатраты, продлить срок службы скважинного оборудования);
- улучшить «хождение» инструмента, улучшить значения веса на крюке (на «вира» и «майна»);

Табл. 1. Состав бурового раствора

Состав раствора	Концентрация кг/м ³
Органофильный бентонит	3
ЭКСТРАМУЛ® 2000 (эмульгатор)	25
ВЕЛЛТРИТ® (вторичный эмульгатор)	10
Известь (активатор, источник Са++)	30
СТАБИЛАЙТ® РУО (понижитель фильтрации)	10
КЛОТОНЕКС® (понижитель фильтрации)	5
РЕОМОД® Жидкий (модификатор реологии)	3
Карбонат кальция (кольматант)	150
Барит	До плотности 1,75 SG

Табл. 2. Параметры бурового раствора

Параметры бурового раствора	
OWR (соотношение нефть/вода)	80/20
Соленость водной фазы, ррт	200 000
Рассол	CaCl ₂ , 1,2 SG
Плотность раствора, г/см ³	1,75 SG
НТНР, мл/30 минут (Δ500 psi/250 F)	1,8
Электростабильность, В	764

Табл. 3. Реологические параметры бурового раствора: зависимость реологии от температуры и давления

Температура (°C)	10	50	70	100
Давление (атм)	0	100	400	550
600/300 ррт	285/160	124/78	92/58	78/50
200/100 ррт	105/48	52/35	39/24	32/20
6/3 ррт	10/9	11/10	11/10	10/9
Пластическая вязкость (PV), дПа•с	125	46	34	29
ДНС (YP), фунт/100фут ²	35	32	24	22
LSYP	8	9	9	8

Табл. 4. Режим бурения

Параметр	Единицы измерения
Нагрузка на долото	14–15 т
Обороты СВП	55 об/мин
Производительность буровых насосов	32 л/с
Давление на стояке	85 атм
Механическая скорость	15 м/ч

Табл. 5. Параметры бурового раствора до и после ввода смазочной добавки «Суперслайдер® РУО»

Параметр	Единицы измерения	Значения		
Концентрация «Суперслайдер® РУО»	%	0	1	2
Глубина (MD)	м	2944	2979	3056
Плотность	г/см ³	1,12	1,12	1,12
Пластическая вязкость (PV), дПа•с		35	35	35
ДНС (YP), фунт/100фут ²		17	17	17
СНС 10 с/10 м, фунт/100фут ²		9/8	9/8	9/8
НТНР, мл/30 мин (Δ500psi/250F)		1,8	1,8	1,8
Электростабильность, В		634	658	702

Табл. 6. Значения крутящего момента и веса инструмента после обработки раствора смазкой «Суперслайдер® РУО»

Концентрация «Суперслайдер® РУО»	%	0	1	2
Крутящий момент	кН•м	35	23	19
Вес инструмента «на вира»	т	120	106	102
Вес инструмента «на майна»	т	52	50	49

- добурить скважину до проектного забоя и успешно спустить и зацементировать обсадную колонну. ■