

doi:10.25689/NP.2019.4.300-308

УДК 622.245.44

ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ ОБСАДНЫХ КОЛОНН С ОДНОВРЕМЕННЫМ ВРАЩЕНИЕМ

¹Ахмадишин Ф.Ф., ¹Исхаков А.Р., ¹Львова И.В., ²Абакумов А.В.

¹Институт «ТатНИПИнефть»

²ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина

TECHNICAL ASPECTS OF CASING CEMENTING WITH SIMULTANEOUS ROTATION

¹Akhmadishin F.F., ¹Iskhakov A.R., ¹Lvova I.V., ²Abakumov A.V.

¹TatNIPIneft Institute

²PJSC TATNEFT

E-mail: krep@tatnipi.ru

Аннотация. Качественное цементирование достигается при полноценном замещении бурового раствора тампонажным. При строительстве наклонно-направленных скважин в местах прилегания колонны к стенке образуются зоны зацементированного бурового раствора. Наиболее эффективным технологическим решением, разрушающим данные зоны бурового раствора, является вращение обсадной колонны в процессе цементирования колонны. По многочисленным стендовым и модельным исследованиям подтверждено, что вращение колонны позволяет повысить степень замещения бурового раствора тампонажным. Однако на практике вращение при цементировании проводится крайне редко. В первую очередь это связано с отсутствием специального устьевого оборудования и ограничением нагрузки на резьбовые соединения обсадных труб. В статье изложено развитие вращательного цементирования обсадных колонн в ПАО «Татнефть». Вращение с цементированием начиналось на горизонтальных скважинах месторождения сверхвязкой нефти, пробуренных с применением буровых установок с наклонной мачтой. Применение вращающей цементировочной головки позволило проводить вращение без остановок для продавки разделительной пробки и значительно улучшить качество крепи эксплуатационных колонн. Для масштабного применения вращательных операций была разработана и изготовлена универсальная вращающаяся цементировочная головка для крепления эксплуатационных колонн диаметром 102÷168 мм. Опыт цементирования с вращением показал, что основным фактором, не позволяющим

вращать обсадную колонну на всем протяжении процесса цементирования, является ограничением по крутящему моменту на резьбовые соединения типа ОТТМ. Другим ограничительным фактором является осевая нагрузка на крюке буровой установки, возникающая за счет эффекта скручивания и стягивания обсадной колонны. Несмотря на это, исследования акустической и гамма-гамма цементометрий подтверждают положительный эффект в достижении гомогенной цементной крепи за обсадной колонной.

Ключевые слова: *цементирование колонн, вращение обсадной колонны, цементировочная головка, качество цементирования, разобщение пластов*

Abstract. Good-quality cementing is achieved when drilling mud is replaced completely with cement slurry. Construction of directional wells is often accompanied by presence of bottlenecks at pipe-borehole contact points restricting the flow of drilling mud. The most effective technique to solve this problem is rotation of the casing string during cementing. Numerous bench tests and simulation studies confirmed that casing rotation can improve replacement of drilling mud with cement slurry. However, this is not a commonly used practice. This is primarily due to lack of specialized wellhead equipment and threaded joints load limitation. The paper reviews the development of casing-rotation-while-cementing technology in PJSC TATNEFT. The first casing rotation operations were performed in heavy-oil horizontal wells drilled using slant drilling rigs. Application of a rotating cementing head enabled continuous casing rotation with no need for shutdowns to squeeze the cement plug and significantly improved cementing quality. For large-scale implementation of the casing rotation technique, a versatile rotating cementing head has been manufactured for cementing of 102-168-mm casing strings. Experience has shown that the key barrier for nonstop casing rotation during cementing jobs is torque limitation for buttress thread connections. Another limiting factor is the effect of torque and drag accompanied by the increased hook load, resulting in casing rotation stoppage. Nevertheless, acoustic and gamma-gamma cement-bond logs prove beneficial effect of casing rotation in obtaining a homogeneous cement sheath.

Key words: *casing cementing, casing rotation, cementing head, cementing quality, zonal isolation*

Вращение обсадной колонны в процессе ее цементирования является эффективным методом, повышающим степень замещения бурового раствора тампонажным. В зарубежной практике широко применяется метод расхаживания и вращения обсадных колонн в процессе цементирования [1, 2].

Об эффективности вращения колонны свидетельствуют данные Х. Линдса (1986 г.), полученные при цементировании хвостовиков.

Вильямс (1951 г.) считал, что при вращении создается турбулизация потока, способствующая полноте вытеснения бурового раствора. Д.А. Крылов в результате стендовых экспериментов показал, что при вращении получены наилучшие результаты сцепления цементного камня с обсадными трубами, по сравнению с расхаживанием [3]. В работе [4] дана оценка возможности вращения обсадной колонны, составленной из труб с резьбовыми соединениями ОТТМ в скважине глубиной 3000 м. При этом расчётный момент для данных условий гораздо ниже момента свинчивания для данного типа обсадной трубы. На практике же, основной причиной ограниченного применения вращения колонн является отсутствие специальных технических средств [5] и риски, связанные с повреждением резьбовых соединений обсадной колонны.

Вращение с цементированием в ПАО «Татнефть» начиналось на горизонтальных скважинах, предназначенных для добычи тепловым методом [6]. В институте «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть» разработана универсальная цементировочная головка, позволяющая производить цементирование обсадных колонн с вращением [7].

С целью определения допустимого максимального крутящего момента для труб с резьбовыми соединениями ОТТМ, возникающего при вращении обсадных колонн в процессе цементирования проведены стендовые испытания. На стенде с определенным шагом моментом довинчивали резьбовые соединения ОТТМ до достижения предела, при котором начинается деформация муфты резьбового соединения. Таким образом, получены критические значения момента скручивания соединений ОТТМ на каждый применяемый диаметр. С учетом 25 % запаса от максимально-возможного крутящего момента, при котором происходит деформация муфты трубы, составлена таблица с допустимыми максимальными значениями крутящих моментов (Табл. 1).

Таблица 1

Допустимые максимальные значения крутящих моментов для резьбовых соединений ОТТМ при вращении обсадных колонн в процессе цементирования

Диаметр обсадной трубы (толщина стенки), мм	Допустимые крутящие моменты, кН·м
101,6 (6,5)	5,2
114,3 (7,4)	7,2
146,1 (7,0)	10,4
168,3 (7,3)	12,8
177,8 (8,05)	13
244,5 (7,1)	14

Анализ скважин, пробуренных в 2019 г, показал, что вращательные операции выполнялись на 81,7 % скважин (299 скважин). При этом лишь на 18,3 % скважин вращение не удалось из-за превышения крутящего момента на резьбовое соединение. На каждой пятой скважине вращение проводилось во время всего процесса цементирования, в основном (90 %) - это скважины малой глубины, обсаживаемые эксплуатационной колонной диаметром 102 мм. На глубоких скважинах вращение останавливается при закачке уже начального объема тампонажного раствора. Осевая нагрузка плавно растет в процессе закачивания тампонажного раствора, далее при продавливании, осевая нагрузка снижается под воздействием выталкивающей силы Архимеда. Крутящий момент растёт по мере подъема тампонажного раствора за обсадной колонной, при этом усиливается сопротивление вращению обсадной колонны за счет перехода вращения в планетарный режим [8].

На примере анализа цементирования горизонтальной скважины попробуем выявить причины превышения момента вращения до критических 14 кН м (резьбовое соединение премиального класса) после закачки 5 м³ тампонажного раствора при цементировании эксплуатационной колонны диаметром 114 мм. Используя программный продукт, были выполнены расчеты крутящего момента при

цементировании скважины. Расчетный максимальный момент 11,8 кН м должен был состояться только после наполнения тампонажным раствором трубного пространства всех 1500 м эксплуатационной колонны. Однако повышение момента до 14 кН м последовало уже после заполнения тампонажным раствором интервала 0-600 м эксплуатационной колонны (это закачка первых 5 м³ тампонажного раствора). Вероятно, на указанный рост момента повлияла траектория скважины (Рис. 1, 2). По мере того, как тампонажный раствор наполнил трубное пространство в интервале набора и стабилизации кривизны стола скважины, масса тампонажного раствора инициировала сопротивление вращению и момент возрос (участок обозначен стрелками).

Ниже изложен обратный способ цементирования, который позволит снизить момент вращения колонны при ее цементировании. Зависимость момента вращения от способа цементирования представлена на рис.3.



Рис. 1. Вертикальная проекция профиля скважины

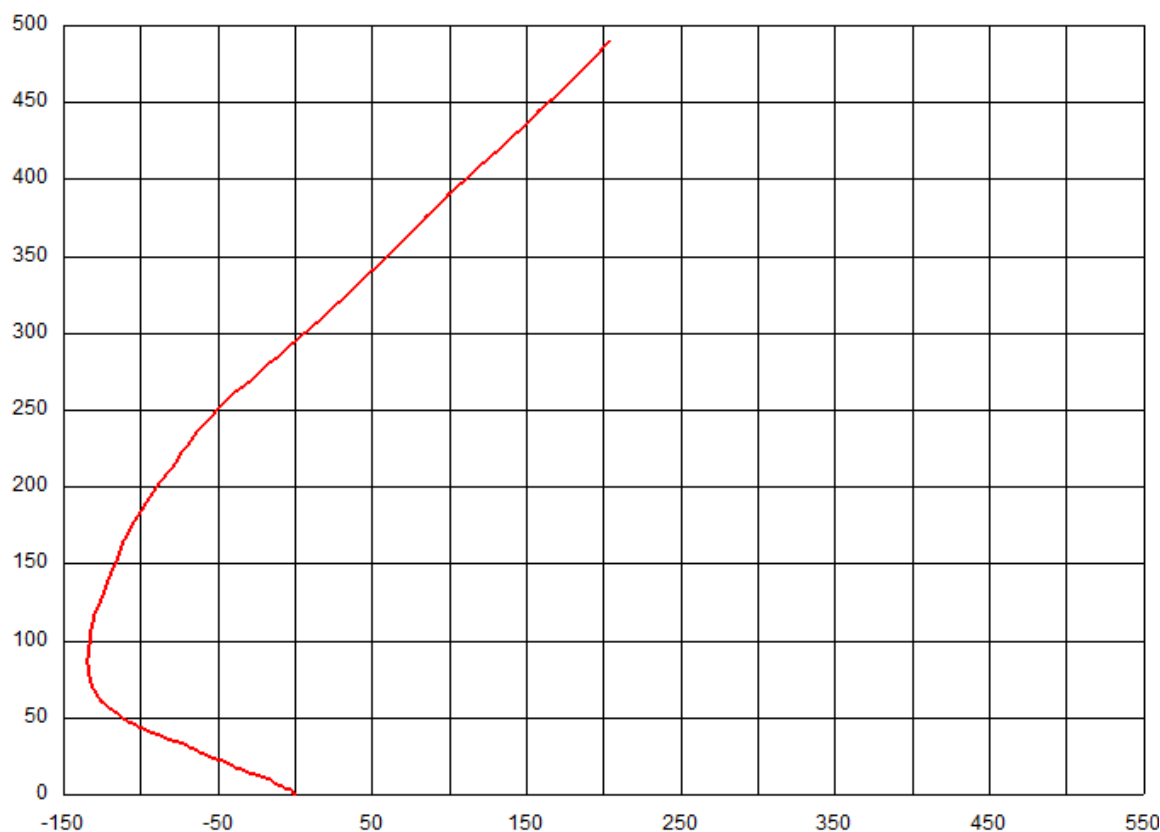
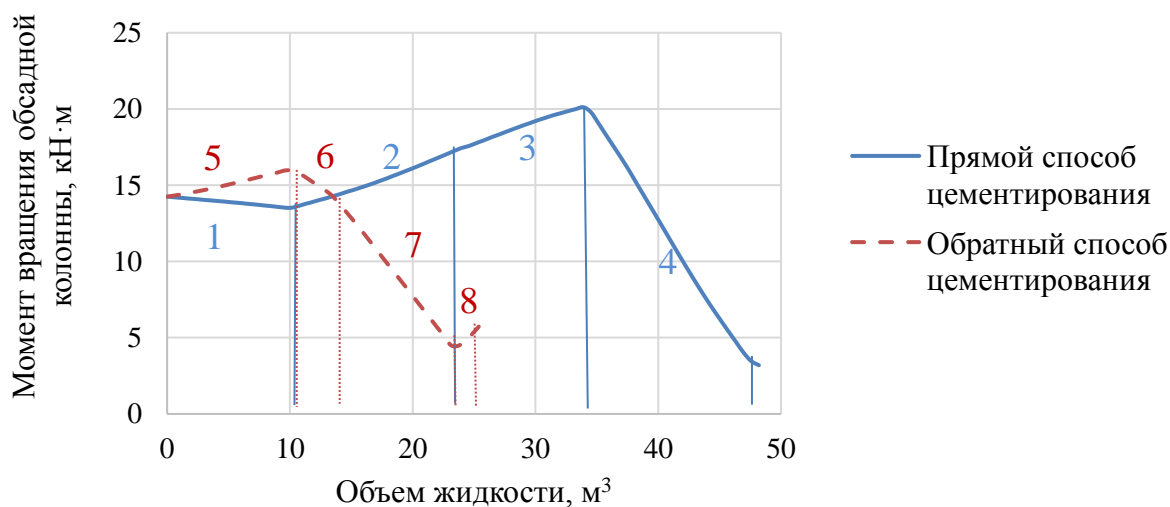


Рис. 2. Горизонтальная проекция профиля скважины



Прямой способ цементирования: 1 - закачка буферной жидкости; 2 - буферная жидкость достигает башмака колонны; 3 - тампонажный раствор заполняет трубное пространство; 4 - продавка тампонажного раствора.

Обратный способ цементирования: 5 - закачка буферной жидкости в кольцевое пространство; 6 - буферная жидкость достигает башмака колонны; 7 - тампонажный раствор заполняет кольцевое пространство; 8 - тампонажный раствор попадает в трубное пространство через башмак колонны.

Рис. 3. Расчетные значения моментов вращения обсадной колонны при различных способах цементирования

По мере заполнения заколонного пространства тампонажным раствором из-за разности плотности тампонажного раствора и плотности бурового раствора возникнет плавучесть эксплуатационной колонны. Плавучесть уменьшит момент вращения эксплуатационной колонны. Для контроля начала притока тампонажного раствора во внутреннее пространство эксплуатационной колонны и определения окончания цементирования предлагается до начала цементирования колонну заполнить водой. Сигналом для завершения цементирования станет увеличение массы эксплуатационной колонны вследствие попадания тампонажного раствора во внутреннее пространство через башмак колонны.

Заключение.

Повышение качества крепления скважин достигается за счет вращения обсадной колонны, которое способствует замещению тампонажным раствором бурового раствора. Однако из-за роста момента вращения на обсадную колонну необходимо искать путь снижения нагрузки на обсадную колонну при ее вращении, чтобы сохранить целостность резьбовых соединений. Обратное цементование является перспективным направлением достижения цели – повышения качества крепи со снижением нагрузки на резьбовые соединения при вращении.

Список литературы

1. Robert C. Smith. Amoco Production. Co. Tulsa. Checklist aids successful primary cementing//Oil and Gaz Journal. - 1982. - № 1. Vol. 80. - P. 30-33.
2. Effect of casing rotation on displacement efficiency of cement slurry in highly deviated wells. Yuhuan Bu, Leiju Tian, Zhibin Li, Rui Zhang, Chunyu Wang, Xucan Yang. Эл.ресурс: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1875510018300544>
3. Крылов Д.А. Влияние расхаживания и вращения колонны на контакт цементного камня с обсадными трубами//Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 1993. №6-7. С.14.

4. Оценка возможности вращения и расхаживания обсадных колонн при цементировании скважин / М.О. Ашрафьян, А.Е. Нижник // Бурение и нефть. — 2011.— № 9.— С. 16-19.
5. Устройство для вращения обсадной колонны в процессе ее цементирования / С.А. Рябоконт, В.М. Мильштейн, А.В. Лазаренко// Нефтяное хозяйство. — 2006.— № 5.— С. 72-73.
6. Разработка устройства для вращения эксплуатационной колонны при ее цементировании / Ф.Ф. Ахмадишин, А.В. Киршин, А.Р. Исхаков, И.М. Зарипов, А.М. Зарипов // Сборник научных трудов ТатНИПИнефть / ПАО "Татнефть". — 2016.— Вып. 84.— С. 120-122.
7. Универсальная цементирующая головка / Р.И. Шафигуллин, Ф.Ф. Ахмадишин, И.М. Зарипов, А.В. Киршин, А.Р. Исхаков // Сборник научных трудов ТатНИПИнефть / ПАО "Татнефть". — 2018.— Вып. 86.— С. 233-237.
8. Повышение качества крепи скважины путем цементирования обсадной колонны с вращением / Р.И. Шафигуллин, А.И. Куринов, Ф.Ф.Ахмадишин и др.// Нефтяное хозяйство. — 2019.— № 7.— С. 24-26.

References

1. Robert C. Smith. Amoco Production. Co. Tulsa. Checklist aids successful primary cementing. *Oil and Gas Journal*, 1982, No. 1, Vol. 80, 30-33 pp. (in English)
2. Yuhuan Bu, Leiju Tian, Zhibin Li, Rui Zhang, Chunyu Wang, Xucai Yang. *Effect of casing rotation on displacement efficiency of cement slurry in highly deviated wells*. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1875510018300544> (in English)
3. Krylov D.A. *Vliyanie raskhazhivaniya i vrashcheniya kolonny na kontakt tsementnogo kamnya s obsadnymi trubami* [Effects of casing reciprocation and rotation on cement-to-casing bond]. *Stroitel'stvo neftyanykh i gazovykh skvazhin na sushe i na more*, 1993, No. 6-7, p. 14. (in Russian)
4. Ashrafyan M.O., Nizhnik A.E. *Otsenka vozmozhnosti vrashcheniya i raskhazhivaniya obsadnykh kolonn pri tsementirovanii skvazhin* [Assessing the possibility of casing reciprocation and rotation during cementing]. *Bureniye I neft'*, 2011, No. 9, pp. 16-19. (in Russian)
5. Ryabokon' S.A., Milshtein V.M., Lazarenko A.V. *Ustroystvo dlya vrashcheniya obsadnoy kolonny v protsesse ee tsementirovaniya* [Apparatus for casing rotation during cementing]. *Neftyanoye Khozyaistvo*, 2006, No. 5, pp. 72-73. (in Russian)
6. Akmadishin F.F., Kirshin A.V., Iskhakov A.R., Zariyov I.M., Zariyov A.M. *Razrabotka ustrojstva dlya vrashcheniya ekspluatatsionnoy kolonny pri ee tsementirovanii* [Development of apparatus for production casing rotation during cementing operations]. Collection of research papers of TatNIPIneft Institute – PJSC TATNEFT, 2016, Issue 84, pp. 120-122. (in Russian)
7. Shafigullin R.I., Akmadishin F.F., Zariyov I.M., Kirshin A.V., Iskhakov A.R., *Universal'naya tsementirovochnaya golovka* [Universal cementing head]. Collection of research papers of TatNIPIneft Institute – PJSC TATNEFT, 2018, Issue 86, pp. 233-237. (in Russian)
8. Shafigullin R.I., Kurinov A.I., Akmadishin F.F. et al. *Povyshenie kachestva krepri skvazhiny putem tsementirovaniya obsadnoy kolonny s vrashcheniem* [Improving cementing quality through casing cementing with pipe rotation]. *Neftyanoye Khozyaistvo*, 2019, No. 7, pp. 24-26. (in Russian)

Сведения об авторах

Ахмадишин Фарит Фoaтович, кандидат технических наук, начальник отдела бурения института «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина, г.Бугульма, Республика Татарстан, Российская Федерация
E-mail: ffa@tatnipi.ru

Исхаков Альберт Равилевич, младший научный сотрудник лаборатории крепления скважин института «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина, г.Бугульма, Республика Татарстан, Российская Федерация
E-mail: krep@tatnipi.ru

Львова Ирина Вячеславовна, кандидат технических наук, учёный секретарь института «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина, г.Бугульма, Республика Татарстан, Российская Федерация
E-mail: dis@tatnipi.ru

Абакумов Антон Владимирович, инженер-технолог сектора цементирования и ликвидации зон осложнений управления по строительству скважин ПАО «Татнефть» имени В.Д. Шашина, г.Альметьевск, Республика Татарстан, Российская Федерация
E-mail: AbakumovAV@tatneft.ru

Authors

Akhmadishin F.F., PhD, Head of Drilling Department, TatNIPIneft Institute – PJSC TATNEFT, Bugulma, Republic of Tatarstan, Russian Federation
E-mail: ffa@tatnipi.ru

Iskhakov A.R., Junior Research Associate, Well Casing Laboratory, TatNIPIneft Institute – PJSC TATNEFT, Bugulma, Republic of Tatarstan, Russian Federation
E-mail: krep@tatnipi.ru

Lvova I.V., PhD, Scientific Secretary, TatNIPIneft–PJSC TATNEFT, Bugulma, Russian Federation
E-mail: dis@tatnipi.ru

Abakumov A.V., Technician Engineer, Well Cementing and Trouble Zone Isolation Sector, Well Construction Administration – PJSC TATNEFT, Almeteyevsk, Republic of Tatarstan, Russian Federation
E-mail: AbakumovAV@tatneft.ru

Исхаков Альберт Равилевич
432236, Российская Федерация, Республика Татарстан
г. Бугульма, ул. М. Джалиля, 32
тел. 8 (85594) 7 89 88
E-mail: krep@tatnipi.ru